ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 DÉCEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Bernard Houssay**, de Buenos-Aires, Lauréat du Prix Nobel de médecine, qui assiste à la séance.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, par suite des difficultés de chauffage, la séance du lundi 29 décembre sera supprimée, la prochaine séance aura donc lieu le lundi 5 janvier.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles du premier ordre dont les caractéristiques sont lignes asymptotiques des surfaces intégrales.* Note [1] de M. **Jules Drach**.

Dans un Mémoire célèbre [2] Sophus Lie a montré que si les caractéristiques de

$$\text{(A)} \qquad p+f(x, y, z, q)=0$$

sont lignes asymptotiques des surfaces intégrales, f satisfait identiquement à l'équation

$$\text{(B)} \qquad f_x+(qf_q-f)f_z+f_qf_y=0, \qquad \text{où} \quad f_x=\frac{\partial f}{\partial x}, \quad \ldots .$$

Il y rattache la formation de f à l'étude de *complexes de droites*, mais les opérations analytiques indiquées sont *inexécutables* et les recherches de Lie restent de pure géométrie. Je me suis proposé de voir de près comment on peut, dans un domaine convenable, obtenir *explicitement l'équation* (A), *ses surfaces intégrales et leurs lignes asymptotiques*

1. Cas simple où z ne figure pas dans f : L'équation $f_x+f_qf_y=0$ s'intègre par la méthode de Lagrange, sous la forme

$$(1) \qquad f=-bcx+by+cq+\Phi(b, c),$$

où Φ est *arbitraire* en b, c, avec les conditions

$$(2) \qquad f_b=y-cx+\Phi_b=0, \qquad f_c=q-bx+\Phi_c=0.$$

---

[1] Séance du 10 décembre 1947.

[2] *Math. Annalen*, 5, 1872, p. 135 et *Ges. Abh.*, 2, 1935, p. 1.

Ainsi, y, q, p sont explicites en b, c, x. Les caractéristiques de (A)

$$dy - c\,dx = 0, \qquad dq + b\,dx = 0$$

sont dans le domaine (x, b, c) définies par

$$(3) \qquad x\,dc = d\Phi_b, \qquad 2b\,dx + x\,db = d\Phi_c, \qquad \text{ou} \qquad dbx^2 = z\,d\Phi_c.$$

Les autres asymptotiques ont pour équation $x\,\partial b = \partial\Phi_c$:

Le système (3) équivaut à l'équation linéaire

$$(4) \quad \Omega(Z) = \Delta Z_x + 2b(\Phi_{bc} - x)Z_b - 2b\Phi_{b^2}Z_c = 0 \qquad \text{où} \quad \Delta = (\Phi_{bc} - x)^2 - \Phi_{b^2}\Phi_{c^2},$$

dont l'intégration donnera x en b, c. Cette équation admet le multiplicateur $M = 1$. Il suffit d'en trouver une intégrale Z, l'autre U, indépendante de x, est obtenue par la quadrature

$$-dU = 2Z_x^{-1}(b\Phi_{b^2}\,db + b(\Phi_{bc} - x)\,dc),$$

dans laquelle x est remplacé par son expression en b, c et la constante Z, donnée par $Z = Z(x, b, c)$.

L'expression de x en b, c est définie par $Z(x, b, c) = \theta(U)$, θ est arbitraire.

Pour obtenir z, il faut une nouvelle quadrature $dz = p\,dx + q\,dy$, où le second membre doit être exprimé en db et dc.

L'équation (4), dont tout dépend, ne renferme x qu'*au second degré*. Elle admet, en particulier, des intégrales Z qui sont des *polynomes en x de degré quelconque*. Leur détermination donne un système avec *autant d'équations que d'inconnues*, d'où l'on peut tirer une seule équation aux dérivées partielles (Σ) pour Φ, ou pour une forme équivalente. De toute solution de (Σ) on déduira Z, donc algébriquement x en b et c.

a. Si Z est *linéaire* en x, $Z = \alpha x + \beta$, on trouve $\alpha = \sqrt{b}\,\gamma(c)$, où $\gamma(c)$ est arbitraire, β est donné par une quadrature dont la condition d'intégrabilité est

$$(\Sigma_1) \quad 4b^2\gamma''\Phi_{b^2} + \gamma\Phi_{c^2} = 0, \qquad \text{où} \quad \gamma'' = \frac{d^2\gamma}{dc^2}.$$

Les caractéristiques de (Σ_1) s'obtiennent par quadrature et permettent de remplacer (Σ_1) par une équation de Laplace.

Observons, avec Darboux, que toute solution Φ de (Σ_1) donne sous forme finie, dans l'espace *cartésien* (a, b, c), où $a = \Phi(b, c)$, les lignes asymptotiques de cette surface, après les caractéristiques.

b. Soit Z *quadratique* en x, prenons $Z = bx^2 + \lambda x + \mu$ [et non $b\gamma(c)x^2 + \ldots$]; avec $\lambda = l\sqrt{b}$ on trouve une équation donnant l_b et une autre donnant l_{c^2}, mais on évite leur condition d'intégrabilité en remplaçant Φ par ζ, où $\Phi = \zeta - 2b\zeta_b$, ζ étant la nouvelle fonction arbitraire. On obtient ainsi

$$\lambda = 2b\zeta_{bc}, \qquad \mu = b(\zeta_{bc})^2 + 2F(\omega) \qquad \text{avec} \quad \omega = b\sqrt{b}\,\zeta_{b^2},$$

et enfin

$$Z = b(x + \zeta_{bc})^2 + 2F(\omega),$$

la fonction ζ devant satisfaire à une équation du *troisième* ordre, mais qui s'intègre une fois sous la forme $(\Sigma_2)\,\zeta_{c^2} = \sqrt{b}\,F'(\omega)$, F' étant la dérivée de F.

De Z, on peut déduire U par la quadrature $dU = dc + 2\dfrac{d\omega}{\sqrt{Z - 2F(\omega)}}$.

La solution générale de l'équation (4) qui donne x en b, c est alors

$$b(x + \zeta_{bc})^2 = \theta(U) - 2F(\omega),$$

où θ est arbitraire et les caractéristiques sont

$$b(x + \zeta_{bc})^2 + 2F(\omega) = Z_0, \qquad U = U_0.$$

Pour avoir z en b, c, c'est-à-dire les surfaces intégrales, il faut toujours une nouvelle quadrature, $dz = p\,dx + q\,dy$, où le second membre est calculé en b, c.

II. *Cas général.* — La transformation de Legendre change (B) en une équation *linéaire* que l'on saura intégrer. Il vaut mieux observer que les coordonnées de la droite de contact du plan $Z - z = p(X - x) + q(Y - y)$ avec son enveloppe ne dépendent que de *trois* paramètres. Ceci donne les relations

$$(1)\quad f_q = \alpha, \quad y - \alpha x = \beta, \quad z - \gamma x = \Phi(\alpha, \beta, \gamma); \qquad (2)\quad -p = f = q\alpha - \gamma.$$

Pour tenir compte de la première équation, il faut, en remplaçant β et γ par leur expression dans la troisième, *annuler la dérivée en* α; on trouve ainsi

$$(3)\qquad q(\Phi_\gamma + x) + \Phi_\alpha - x\Phi_\beta = 0$$

qui donne explicitement q en x, α, β, γ.

Les équations (1) et (3), où $\beta = y - \alpha x$, déterminent α et γ en fonction de x, y, z, q; on en déduit f donné par (2).

Les caractéristiques de (A) données par

$$\frac{dx}{1} = \frac{dy}{\alpha} = \frac{dz}{q\alpha - f} = \frac{-dq}{f_y + q f_z}$$

deviennent, avec les variables α, β, γ et x,

$$(4)\qquad d\beta + x\,d\alpha = 0, \qquad d\gamma - q\,d\alpha = 0$$

et, compte tenu des expressions de f_y et f_z,

$$\frac{dx}{1} = -\frac{dq(\Phi_\gamma + x)}{(\Phi_\beta - q)}.$$

Il suffit d'y remplacer q par son expression en x, α, β, γ donnée par (3) pour obtenir

$$2\,dx = \frac{(\Phi_\gamma + x)}{(\Phi_\alpha + \Phi_\beta\Phi_\gamma)}(d\Phi_\alpha - x\,d\Phi_\beta + q\,d\Phi_\gamma),$$

dont le second membre, réduit, donne enfin

$$(5)\qquad dx = \frac{\Delta\, d\alpha}{2(\Phi_\alpha + \Phi_\beta \Phi_\gamma)(\Phi_\gamma + x)},$$

où Δ est un polynome du *quatrième degré* en x

$$(6)\qquad \begin{aligned}\Delta = {} & (\Phi_\gamma + x)^2 (\Phi_{\alpha^2} - 2x\Phi_{\alpha\beta} + x^2\Phi_{\beta^2}) \\ & + 2(\Phi_\gamma + x)(x\Phi_\beta - \Phi_\alpha)(\Phi_{\alpha\gamma} - x\Phi_{\beta\gamma}) + (x\Phi_\beta - \Phi_\alpha)^2\Phi_{\gamma^2}.\end{aligned}$$

Tout revient à l'intégration de l'équation *linéaire* explicite

$$(7)\quad \Omega(Z) = 2(\Phi_\alpha + \Phi_\beta\Phi_\gamma)(\Phi_\gamma + x)[(Z_\alpha - xZ_\beta)(\Phi_\gamma + x) + Z_\gamma(x\Phi_\beta - \Phi_\alpha)] + Z_x\Delta = 0.$$

Mais, si l'on veut pour Z un polynome en x de degré n, on trouve $(n+4)$ équations à $(n+2)$ inconnues; ce n'est que dans des cas très particuliers qu'elles sont compatibles. On n'intègre (7) que pour des formes simples de Φ.

III. Indiquons un exemple simple dont l'étude *directe* s'achève. Pour l'équation (A), $p + axq^2 - z/x = 0$, les caractéristiques sont définies avec trois constantes b, c, y_0, par

$$y - \frac{2}{3}acx^3 = y_0, \qquad z - \frac{1}{3}ac^2x^4 = bx$$

et l'on a $q = cx$. L'expression générale de q est donnée en x, y, z par

$$\frac{z}{x} - \frac{a}{3}xq^2 = \theta\left(y - \frac{2}{3}ax^2q, \frac{q}{x}\right) \text{ où } \theta \text{ est arbitraire.}$$

Mais en passant aux éléments b, c, y_0 on a

$$y = \frac{2}{3}acx^3 + y_0, \qquad z = \frac{a}{3}c^2x^4 + x\theta(y_0, c),$$

et si l'on calcule $dz - p\,dx - q\,dy = 0$, on trouve simplement $d\theta(y_0, c) - c\,dy_0 = 0$ qui s'intègre par une nouvelle relation entre c et y_0. On peut prendre simplement $b = \omega(y_0)$, $c = \omega'(y_0)$, ω étant l'arbitraire, lié à b par $\omega = \theta(y_0, \omega')$. Les équations

$$y - \frac{2}{3}a\omega' x^3 = y_0, \qquad z - \frac{a}{3}\omega'^2 x^4 = x\omega$$

sont alors les caractéristiques $y_0 =$ const., ou les équations paramétriques des surfaces intégrales. Les asymptotiques sont des courbes gauches du quatrième ordre.

Les autres asymptotiques, données par $2c\,dx + x\,dc = 0$, ou $x^2\omega' = u^2$, sont transcendantes. On a donc les coordonnées x, y, z des surfaces intégrales *explicites* en y_0 et u, paramètres des asymptotiques.

Remarque. — La transformation de Lie qui change les droites en sphères donne les résultats correspondants relatifs aux lignes de courbure.

CHALEUR. — *Convection forcée de la chaleur dans des faisceaux de tubes ronds, elliptiques et profilés.* Note de MM. **Gustave Ribaud** et **Gabriel Brola**.

L'étude théorique de la convection forcée de la chaleur sur des faisceaux de tubes frappés par un fluide perpendiculaire à leur axe se heurte à des difficultés insurmontables; l'influence du profil des tubes paraît également impossible à étudier, aussi bien du point de vue perte de charge qu'en ce qui concerne la convection; on ne possède par ailleurs aucune mesure d'ensemble dans ce domaine.

Aussi nous a-t-il paru intéressant d'effectuer une étude expérimentale systématique portant sur des tubes ronds, elliptiques et profilés, et dans laquelle ont été mesurés simultanément la perte de charge et le coefficient de convection.

La veine qui a servi aux mesures avait une section de $11 \times 20^{\text{cm}}$. Un pitot, placé dans la veine en amont du faisceau, fournit la vitesse moyenne dans la section et par suite le débit d'air. Deux thermomètres à résistance, montés en opposition, en amont et en aval du faisceau de façon à occuper toute la section de la veine, donnaient l'échauffement de l'air et par suite le flux calorifique Φ emporté par l'air.

Chaque faisceau comportait 10 rangées de tubes; les débits d'eau dans les diverses rangées étaient réglés à une même valeur et mesurés volumétriquement. La chute de température de l'eau dans chaque rangée était obtenue grâce à deux couples thermoélectriques disposés en amont et en aval et montés en opposition; enfin, dans chaque rangée, l'écart de température $\Delta\theta$ entre l'air *et la paroi* était fourni par deux couples montés en opposition, l'un placé dans l'air, l'autre soudé à la paroi d'un des tubes. Enfin les pertes de charge Δp entre l'entrée du faisceau et les plans de sortie des diverses rangées étaient mesurées au manomètre à eau.

Les tubes utilisés avaient tous même maître-couple ($d = 12^{\text{mm}}$); on a toujours utilisé 10 rangées de tubes; pour chaque profil de tubes, 9 montages différents ont été réalisés dans lesquels on modifiait la distance e' des axes des tubes dans une même rangée et la distance e'' entre deux rangées consécutives. Dans les tableaux qui suivent, U_1 représente la vitesse de l'air dans la veine en amont du faisceau, $\mathcal{U}_f$ la vitesse moyenne dans la section la plus étroite du faisceau; il est, en outre, commode de considérer le nombre de Reynolds $\mathcal{R}$ rapporté à $\mathcal{U}_f$ et au maître-couple d et de traduire par des formules monomes, soit le nombre de Biot-Nusselt $\alpha\, d/\lambda$, soit le nombre sans dimensions $\Delta p/(\rho\, U_1^2/2)$, en fonction de $\mathcal{R}$ (α coefficient de convection rapporté à la surface S_e d'échange entre l'air et la paroi d'une rangée de tubes).

Le tableau I reproduit les mesures effectuées sur trois faisceaux, ronds,

---

(1) Séance du 1er décembre 1947.

Tableau 1.

Tubes.	cm/sec. U_1.	cm/sec. U_f.	$\mathcal{R}$.	Φ cal/sec.	FLUIDE EXTÉRIEUR. — AIR. Δp.10² baryes. 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	FLUIDE INTÉRIEUR. — EAU (Φ cal/sec). 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Ronds	833,3	1250	10^4	171,2	4,0	6,8	9,4	12,5	14,5	17,5	20	22,6	25,5	30	10,1	13,0	14,9	17	18,7	19,5	19,8	20,3	20,5	20,6
	1665	2500	2.10^4	276,0	13,5	23,5	33,5	41,5	51,0	60	70	78	86,5	95	16,3	20,6	24,4	27,7	29,8	31,2	32	32,5	32,8	33
	2500	3760	3.10^4	368,8	26,5	46,5	64	81	100	120	138	156	172	190	21,9	27,0	32,5	36,4	39,6	41,7	42,8	43,6	43,8	44,1
	3340	5000	4.10^4	452,2	43,5	76	102	134	165	195	226	256	285	310	26,4	33,2	39,4	45	48,3	51,0	52,4	53	53,4	53,4
Elliptiques	835	1250	10^4	252,0	4,6	8,7	12,5	16	19,6	23	27	30,5	34	37	18,0	22,1	24,2	25,9	27,3	28,1	28,4	28,8	28,8	28,9
	1670	2500	2.10^4	415,0	14,5	28	39	49	60	71,5	83	94	105	116	31,2	35,4	39,0	41,6	43,8	45,3	46	46,5	46,6	46,6
	2500	3750	3.10^4	556,0	27	50	70	90	115	130	155	175	190	210	42,0	47,8	52,0	55,5	58,8	60,2	61	62,0	62,1	62,1
	3340	5000	4.10^4	680,0	45	80	120	150	180	220	250	280	320	350	51,4	58,2	64	68,5	71,7	74	74,4	75,4	75,5	75,5
Profilés	763	1250	10^4	432,0	7	12,5	18	23	29	34	40	45	50	56	35,2	39,1	41,2	43	44,8	46,2	46,8	47	47,0	47,3
	1530	2500	2.10^4	706,5	17	31	44	57	72	85	100	112	125	140	59,0	62,5	66,6	70,5	73,0	75,3	76	76,4	76,6	76,6
	2290	3750	3.10^4	942,0	33	61	88	115	140	165	195	220	250	270	78,3	84,5	88,4	93,5	97,7	99,5	101	101,8	102	102
	3050	5000	4.10^4	1156,0	43	80	115	145	180	210	250	280	320	350	96,0	104	109	114,2	116	121,8	124	125,5	125,5	126

Tubes.	Δθ PAROIS-AIR (°C.). 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	α.10⁻⁴ cal/sec/cm² (°C.). 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	S_e (cm²).
Ronds	24,4	24,4	24,4	24,3	24,3	24,3	24,3	24,2	24,2	24,16	18,4	22,3	27,6	31	34	35	36,3	37	37,5	37,8	226
	24,6	24,6	24,6	24,5	24,5	24,5	24,4	24,4	24,3	24,28	29,4	37,5	44	50,2	54,3	56,5	58	59,2	59,6	60	
	24,8	24,8	24,8	24,8	24,7	24,7	24,6	24,6	24,5	24,4	39	49,0	58	65,3	71,4	75,0	76,8	78,5	79,1	80	
	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,8	24,7	24,6	47,1	59,1	70,2	80,1	85,6	91,2	93	94,8	94,1	96,5	
Elliptiques	23,5	23,4	23,4	23,3	23,3	23,2	23,1	23,1	23,0	23,0	22,6	25,8	28,4	30,4	32,0	33,1	33,6	34	34,2	34,3	366
	23,7	23,6	23,5	23,5	23,4	23,4	23,3	23,3	23,2	23,2	36,0	41,0	45,3	48,4	51,2	53,0	54	54,6	54,8	54,8	
	23,9	23,8	23,7	23,6	23,6	23,5	23,5	23,5	23,4	23,4	48,0	55	60	64,2	68,0	70	71	72	72	72	
	24,2	24,1	24,0	24,0	23,9	23,7	23,7	23,7	23,6	23,6	58	66	73	78,0	82,0	84	86	87	87,5	87,5	
Profilés	22,4	22,3	22,2	22,1	22	21,9	21,8	21,6	21,6	21,6	26,2	28,4	30	31,5	33	34,2	34,8	35,1	35,2	35,4	618
	22,7	22,5	22,5	22,4	22,3	22,3	22,1	22,0	22,0	22,0	42,0	45	48	51,0	53	54,5	55,6	56	56,3	56,3	
	23,0	22,8	22,7	22,6	22,6	22,4	22,3	22,1	22,1	22,0	55	60	63	67,0	70	72	73,4	74,5	74,6	74,8	
	23,2	23,0	22,9	22,8	22,6	22,6	22,5	22,5	22,5	22,5	67	73	77	81,0	83,2	87,2	89	90,0	90,3	90,6	

elliptiques et profilés, dans lesquels les écartements relatifs avaient pour valeur $e'/d = e''/d = 3$; les n[os] 1 à 10 en tête des colonnes correspondent aux rangées de tubes à partir de l'entrée.

Le tableau 2 traduit les expressions de $\alpha d/\lambda$ et de $\Delta p/(1 \rho u_1^2/2)$ en fonction de $\mathcal{R}$. On remarquera que la première de ces expressions comporte un même exposant de $\mathcal{R}$ pour les trois profils; il n'en est pas du tout de même pour la seconde.

On remarquera, en outre, que le rapport entre le flux calorifique Φ évacué par le faisceau et la perte de charge Δp est, toutes choses égales, nettement plus élevé pour un faisceau de tubes profilés.

TABLEAU 2.

	Coefficient de convection.			Perte de charge.		
	Ronds.	Elliptiques.	Profilés.	Ronds.	Elliptiques.	Profilés.
		$\frac{\alpha d}{\lambda} = A\mathcal{R}^{0,68}$.		$\frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho_1 U_1^2} = B\mathcal{R}^{-0,32}$.	$\frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho_1 U_1^2} = B\mathcal{R}^{-0,52}$.	$\frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho_1 U_1^2} = B\mathcal{R}^{-0,74}$.
Rangée.		Valeurs de A.			Valeurs de B.	
1...	0,070	0,086	0,100	19,3	152	1900
2...	0,088	0,098	0,108	33,6	272	3500
3...	0,105	0,108	0,114	46,4	405	5000
4...	0,118	0,116	0,120	57,0	513	6420
5...	0,128	0,122	0,126	72,3	645	8030
6...	0,135	0,126	0,130	86,0	745	9400
7...	0,138	0,128	0,132	99,5	870	11100
8...	0,141	0,129	0,134	112,0	980	12500
9...	0,142	0,130	0,134	125,0	1100	14100
10...	0,143	0,130	0,134	137,0	1200	15540

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse de l'argentacyanure de potassium.* Note (¹) de M. **Pierre Jolibois.**

L'argentacyanure de potassium, sel complexe de formule $[Ag(CN)_2]K$, est employé en galvanoplastie et donne lieu sur la cathode à des dépôts d'argent avec un très bon rendement faradique. D'après la formule ionique de cette substance, le dépôt devrait se produire à l'anode et correspondre à l'anion $Ag(CN)_2$. On interprète habituellement cette contradiction entre l'expérience et la formule en envisageant l'hypothèse d'une dissociation du type

$$Ag(\overline{CN})_2 \rightleftharpoons \overset{+}{Ag} + \overline{\overline{CN}}_2.$$

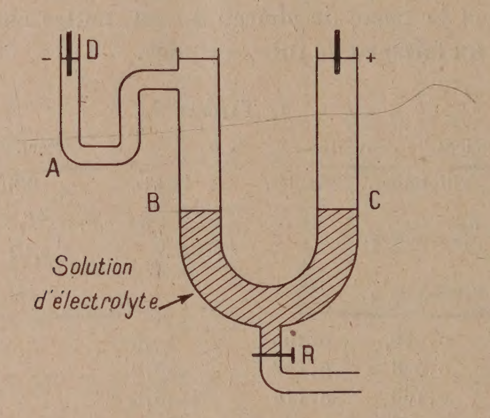
Grâce à cette façon de voir, il y aurait dans la solution assez d'ions argent pour expliquer un dépôt de métal sur la cathode.

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

Si l'on réalise dans l'appareil ci-dessous une électrolyse en ne faisant plonger les électrodes que dans l'eau pure et en introduisant l'argentacyanure dans la partie du vase d'électrolyse traversée par le courant, sans être au contact des électrodes, on constate les faits suivants :

1° Après un certain temps d'électrolyse, le tube A, qui primitivement ne contenait que de l'eau, s'est enrichi en potasse dont la concentration va en croissant.

2° Il n'y a pas trace de dépôt d'argent sur l'électrode D.



3° Il apparaît un précipité blanc de cyanure d'argent dans la branche C du tube principal.

Ce précipité est identique à celui que l'on obtient en mélangeant une solution de nitrate d'argent et de cyanure de potassium.

Je l'ai vérifié en comparant les spectres X des deux substances qui sont cristallisées et donnent pour la raie Kα du cuivre le même spectre caractérisé par les angles suivants : 12° 12′ ; 15° 5′ ; 19° 27′ ; 24° 53′ ; 26° 38′ ; 29° 33′ ; 31° 3′ ; 33° 55′ ; 42° 50′. On en tire la conclusion qu'il n'y a pas d'ion argent dans la solution de l'argentacyanure, sinon il y aurait un dépôt d'argent sur la cathode. On peut également affirmer que la formule ionique de l'argentacyanure représente bien sa constitution qui est celle d'un complexe parfait. Suivant une théorie que j'ai préconisée déjà dans plusieurs cas, l'électrolyse s'explique ainsi : le courant électrique décompose le sel en potasse et en acide $Ag(CN)_2H$ attirés respectivement vers les pôles négatifs et positifs. L'acide $Ag(CN)_2H$, au contact de l'oxygène dégagé à l'anode, est oxydé et donne ainsi naissance à un dépôt de cyanure d'argent. La potasse est attirée purement et simplement à la cathode et reste inaltérée en présence de l'hydrogène qui se dégage.

Les conditions de la galvanoplastie ne sont pas celles de l'appareil que je viens de décrire ; il a été construit spécialement pour observer des phénomènes purs et éviter soigneusement toute diffusion entre les régions anodiques et cathodiques destinées à ne contenir que les produits spécifiquement différenciés par leur comportement électrochimique.

Dans les opérations propres à réaliser un dépôt d'argent en milieu cyanuré, les régions anodiques et cathodiques ne sont pas séparées et les produits diffusent librement d'une région à l'autre. Il s'ensuit que l'hydrogène atomique qui s'échappe de la cathode peut réduire le bain et provoquer ainsi l'apparition de métal. Ce n'est pas là une simple hypothèse. On peut en effet traiter le cyanure d'argent précipité par de l'hydrogène naissant et obtenir ainsi un dépôt métallique suivant une technique que j'ai déjà employée dans plusieurs cas, et notamment avec le cyanure de cuivre ([2]).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Migrations par osmose des micelles dans la naissance dès mutations végétales.* Note de M. **Louis Blaringhem.**

Mis en 1910 à l'Institut Pasteur, pour l'étude des glutens, en relations avec G. Malfitano et M. Jacques Duclaux, alors que j'étais depuis des années l'élève de H. Mouton, cette formation, complétée par des conversations fréquentes avec Henry Le Chatelier, m'a permis de trouver dans l'œuvre de Léon Guignard, dans celle de P.-A.-Dangeard, un parallélisme entre les mutations chimiques dévoilées par les Curie et les mutations biologiques, d'admettre l'identité des lois qui régissent la distinction des espèces chimiques comme celle des espèces vivantes. Pour quelques philosophes avertis, ces lois sont l'expression de l'identité fondamentale de l'intelligence et de la conformation physique de l'*Homo sapiens*.

Les caractères stables qui définissent les espèces, des étapes dans la condensation et l'architecture de la matière sont des points de repère non négligeables puisqu'ils assurent la coopération universelle par une langue commune; cependant ces conventions sont moins importantes pour l'avenir de la Science que les analyses de la mobilité, de ces mouvements d'ions et de micelles, de ces constituants des éléments et des organes qui, bien ajustés, en permettent la vie. Le raisonnement de M. Albert Einstein relatif au mouvement brownien des particules en suspension dans un liquide ne comporte aucune hypothèse sur leur constitution; M. Jacques Duclaux fait remarquer à l'Académie (1947) que les Protozoaires se meuvent avec une vitesse des milliers de fois supérieure à celle qu'ont les mêmes êtres lorsqu'ils sont morts « sans qu'ils aient changé de grosseur ni de forme ».

Dès 1910, j'étais convaincu que l'essentiel dans l'obtention des mutations était de suivre le régime de l'eau en circulation dans les plantes. L'eau n'est pas une entité stable; elle présente des phases de condensation, étages de nuages, précisée par Röntgen, solution de glace dans l'*hydrol*, déclare Duclaux, avec indétermination des condensations; chaleur de dépolymérisation d'environ

([2]) *Nouveaux aperçus sur l'électrolyse*, p. 10, Paris, 1943; *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 225.

4000 calories par molécule de glace dissoute, coefficient de compressibilité nul, à 0° voisin de 360.10^{-7}. Or l'eau est l'agent, le support de la mobilité dans l'organisme général ou cellulaire des plantes; elle y joue le rôle du système nerveux des animaux.

J'en avais constaté, en 1904, les effets héréditaires chez *Zea Mays tunicata* qui me donnait des Maïs chou-fleurs en 1907, avec les fascies qui m'ont fait conserver vivant l'unique individu *Capsella Viguieri*, souche brutalement fixée d'une espèce aberrante que P.-A. Dangeard voulait élever au rang de genre nouveau; c'est le manque d'eau qui détermine l'explosion des crises de Rouille (guimauve, céréales), son excès, la prolifération et la duplicature des fleurs de la Cardamine. En 1910, puis en 1912 j'ai pu obtenir les premiers hybrides de l'Engrain (*Triticum Monococcum*) avec différents Blés de grande culture. Enfin j'avais pu constater que ses effets étaient réalisés en quelques heures, et à une certaine température, en moins de 15 minute vers 7^h du matin pour le Lin. Mes études sur la fièvre des fleurs (1934-1936), interrompues par la seconde guerre, indiquent une sensibilité particulière des lignées récemment acclimatées, nées et naturellement dispersées sous un autre climat. En bref, les mêmes préocupations m'ont guidé dans l'étude de l'hérédité du sexe, et de ce que j'appelle l'habitus ou individualité biologique, qui est altération du tempérament déterminée par des actions physiques avant et au cours de la fécondation.

L'explication de l'individualité est donnée par l'examen des préparations cytologiques de Léon Guignard, par des remarques faites dès le début de ses études. Il insiste dès 1881 sur la dualité de l'appareil cellule; quand il y a mouvement, c'est-à-dire vie, la cellule fermée a *un noyau actif*, alors ignoré, écrasé, difforme dans les cellules à résine. Il s'étonne de la *pluralité des noyaux* dans le suspenseur embryonnaire des Viciées, de l'absence de suspenseur chez les Mimosées où l'embryon est globuleux, morula, avec synergides fécondées comme l'oosphère; il note à cette phase précise d'irrégularité la réduction chromatique qui fait de l'oosphère le complément sexuel nécessaire à la mise en action complète du noyau réduit transporté par le boyau pollinique et parasite de l'ovaire; il démontre le parasitisme du pollen chez les Orchidées exotiques où la migration dure des mois, exige la coopération de centaines de tubes suceurs pour faire de l'ovaire une pseudo-galle où apparaissent tardivement les ovules, il constate la régularisation des courses avec rapidité chez les Orchidées indigènes; enfin, il y a polarité, orientation de l'oosphère vers le chemin suivi par le tube pollinique. Pour les physiciens à qui j'en fis la remarque, ce serait influence du type magnétique.

Par déférence pour Hugo de Vries, qui communiqua à Van't Hoff son concept de la pression osmotique et de la pangenèse intracellulaire, conjonction des hypothèses de Lamarck et de Darwin, ma préoccupation fut de suivre avec anxiété l'étude faite par Paul Langevin en 1912 : *Interprétation cinétique de la*

pression osmotique (*Journal de Chimie physique*, t. 10). Hydrogène et azote en atmosphère indéfinie sont séparés théoriquement par une lame infiniment mince de platine; dans leur diffusion, « chaque gaz se comporte, à tous points de vue, comme s'il était seul ». S'il s'agit de solutions, de sucre dans l'eau, et de membrane hémiperméable, la concentration de l'eau est loin d'être la même à toutes les hauteurs; dans l'état d'équilibre, la solution sucrée s'élève plus haut par attraction mutuelle des molécules de sucre, il y a mouvement, image de la vie, soumise à la loi de Van't Hoff. « Ces attractions augmentent à concentration moléculaire égale avec la grosseur des molécules... ». Cette citation tronquée de Langevin suffit pour interpréter quelques-unes des préparations de Guignard.

La viscosité du protoplasme du Lis règle les mouvements dans les cellules qui se préparent à la division par l'activité du centrosome qui, *le premier*, se dédouble et les sphères directrices s'ornent chacune d'un aster qui lentement ici, instantanément ailleurs, se comportent comme chargées d'électricité et se fixent aux deux pôles, toujours en contact avec la surface du noyau quiescent; mais au cours du trajet la membrane nucléaire s'évanouit graduellement, et à partir du pôle où se trouvait le centrosome, il y a communication, infiltration peut-être du protoplasme dans l'hyaloplasme du noyau, en tous cas, régression puis évanouissement du nucléole qui sera happé en partie par les granules chromatiques alignés sur leur support filamenteux incolore, bientôt subdivisé en tronçons condensés. Guignard y découvre l'alignement parallèle des deux séries de granulations; en même temps les filaments du fuseau deviennent visibles, accrochent et maintiennent en plaque, en étoile, à l'équateur les chromosomes gonflés, bientôt dédoublés dans *le sens de leur longueur*. Les plaques s'écartent lentement, se soulèvent vers les asters et les filaments chromatiques, dessinent le tonnelet déjà décrit dans plusieurs cas par les zoologistes : migration précise, directe jusqu'à chaque sphère directrice qui régit en quelque sorte la reconstruction des noyaux fils, tandis qu'à l'équateur du fuseau sont perceptibles sur les filaments chromatiques les nodules qui sont l'ébauche de la cloison nouvelle séparant les cellules filles. La division cellulaire par *caryocynèse* est une opération régularisée de brassage, d'épuration et d'attractions de micelles bien plus lente que celle des molécules de sucre, mais soumise aux mêmes règles. L'hérédité est maintenue par l'intégrité nucléaire, par l'addition au cours de la fécondation de deux unités complémentaires en un noyau désormais au repos, au complet, durant toute la vie végétative à partir de la formation de l'œuf jusqu'à la nouvelle crise sexuelle.

L'activité, le mouvement, la vie sera fortement accusée dans le protoplasme; l'inertie est alors dans les noyaux aux éléments doubles dont les brisures seront toujours transversales, et cela pendant des siècles si la plante est vivace comme le Chiendent, les Typhas, la Canne à sucre où il a été très difficile de retrouver un individu en fleur. L'inertie est encore accusée dans les étamines de ces

Bégonias hybrides à fleurs semi-doubles où l'on trouve des staminodes couverts de bourrelets cellulaires, mimant des ovules, mais où ne se forment pas de cellules apicales différentiées, ni de sacs embryonnaires. Elle est plus nette encore dans les Champignons supérieurs où les noyaux sexuels cheminent côte à côte, passifs durant un siècle, depuis que l'on prépare pour la vente des *blancs purs* de l'Agaric champêtre. Or il n'y a pas de classe de plantes où la diversité locale des formes d'Agarüs, de Russules, des Coprins soit plus accusée par la fructification, par l'étalement des chapeaux, par la saveur ou par le parfum. Ce sont des individus, des espèces élémentaires jordaniennes lorsqu'il s'agit de nos Pissenlits à fleurs jaunes qui se multiplient parthénogénétiquement.

Pas de désordre nucléaire d'ailleurs dans les croisements fertiles qui suivent la loi de probabilité au même titre que le mouvement brownien parce qu'ils exigent l'indépendance du caractère diastase ou pigment soluble du protoplasme. Mais obéissent rarement aux équilibres nucléaires, les remarquables charpentes construites par échanges, addition ou soustraction de fragments de chromosomes, dans les élevages des *Datura* de M. A. F. Blakeslee et ses collaborateurs. Il faut des précautions d'artiste pour y maintenir l'accord et la résistance aux crises sexuelles, crises dans la vie de l'espèce qui ne peut y survivre que si l'ajustement physique, l'architecture nucléaire maintient un équilibre, comme l'a annoncé Léon Guignard en octobre 1886 à l'Académie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le rubïdium est-il remplacé par du césium dans* Chlora perfoliata? Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

Après avoir fait part, en 1928, à la Société de Chimie biologique de ses observations sur le phénomène de photonastie solaire des pétales de *Chlora perfoliata* L., Freundler a annoncé que les cendres de cette plante « renferment du césium à l'exclusion du rubidium » ([1]).

Ayant, en poursuivant nos recherches sur le rubidium dans les plantes, rencontré une station de *Chlora perfoliata*, ou Centaurée jaune de la famille des Gentianées, à Fumel, département du Lot-et-Garonne, nous avons répété l'analyse de Freundler pour apprécier dans quelle mesure elle méritait d'être retenue, pour vérifier si, au contraire des nombreux résultats que nous avons déjà publiés ([2]), *Chlora perfoliata* était une espèce dépourvue de rubidium et, ce qui serait une particularité encore plus grande, si ce métal alcalin est vraiment remplacé par du césium.

([1]) Procès-verbal de la séance du 6 novembre (*Bull. Soc. Chim. biol.*, **10**, p. 1280-1281).

([2]) Dernière Note : *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 423, et Mémoire correspondant : *Ann. Inst. Past.*, **73**, 1947, p. 472.

Nous avons expérimenté sur deux échantillons de *Chlora perfoliata* récoltés à Fumel en 1946 : le premier sur le flanc exposé au midi d'une colline en bordure du Lot, au lieudit du « Canon », et le second provenant d'une petite clairière encastrée dans le bois dit de « Salat ». Le premier, le plus abondant, était un peu avancé en végétation, la plupart des individus portant déjà des graines; le second comprenait seulement quelques individus, mais cueillis juste au commencement de la floraison.

Les résultats que nous avons obtenus ont été contrôlés et confirmés sur un troisième échantillon, récolté à Bagnères-de-Bigorre, dans les Pyrénées, en 1947, par M. J. Bouget, botaniste de l'Observatoire du Pic-du-Midi. De cet échantillon, assez volumineux et qui nous était parvenu au Laboratoire par la voie la plus rapide et en bon état de conservation, nous avons séparé : *a*, des tiges entières en pleine période de floraison et *b*, un poids d'environ 11^{g} de corolles, extraites une à une à l'aide d'une pince en acier nickelé, pour éviter de modifierpar le contact des doigts la composition en sels de la substance à examiner ([3]).

Enfin, à titre comparatif, nous avons analysé une plante systématiquement très voisine de *Chlora perfoliata* et que l'on rencontre fréquemment dans les mêmes lieux : la Petite Centaurée (*Erythræa centaurium* Willd.), ainsi que *Gentiana germanica* Willd., aussi de la famille des Gentianées. Deux échantillons de Petite Centaurée provenaient de Fumel, l'un de la colline du Canon et l'autre du bord de la route à l'entrée du bois de Salat, et un troisième avait été récolté à Martinet, en Vendée.

Pour l'analyse, nous avons utilisé la méthode spectrographique, beaucoup plus sensible et rigoureuse que la méthode chimique, en opérant comme nous l'avons décrit à propos du rubidium ([4]). Cette méthode convient, en effet, comme nous l'avons reconnu par de récentes expériences, pour le césium.

Nous avons d'abord passé les cendres totales de *Chlora* à l'arc électrique : le spectrogramme obtenu a présenté nettement la ligne 4215 Å caractéristique du rubidium. Soumettant ensuite un poids connu de ces cendres au traitement chimique qui sépare l'ensemble des métaux alcalins à l'état de chlorures, nous avons dosé le rubidium. La même série d'opérations a été réalisée enfin sur chacun des échantillons de plantes énumérés plus haut, ce qui nous a fourni les teneurs suivantes, exprimées en milligrammes de métal par kilogramme de plantes sèches :

([3]) Freundler avait déclaré en réponse à une demande d'explication que les pétales étaient particulièrement riches en césium. Cette déclaration ne figure pas dans le procès-verbal de la séance de la Société de Chimie biologique.

([4]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 520.

Chlora perfoliata (tig. ent.).	Fumel, colline du Canon	23,0
» » (»)	» bois de Salat	17,7
» » (»)	Bagnères-de-Bigorre	9,1
» » (pétales)	» »	5,7
Erythraea centaurium (tig. ent.).	Fumel, colline du Canon	31,0
» » (»)	» bois de Salat	9,6
» » (»)	» Martinet	14,2
Gentiana germanica (tig. ent.).	Montdidier, Somme	9,8

D'après ces résultats, *Chlora perfoliata* contient du rubidium; il en est de même de la Petite Centaurée et de *Gentiana germanica*; aucune des nombreuses espèces végétales actuellement analysées n'est dépourvue de ce métal alcalin.

S'y trouve-t-il aussi du césium?

On ne saurait l'affirmer d'après le simple examen du spectrogramme. Aux très minimes proportions auxquelles le césium pourrait être contenu dans les cendres, il ne révélerait sa présence que par la photographie de la raie ultime 4554 Å. Mais cette raie est trop proche de la raie ultime 4555 Å du baryum pour en être séparée à l'aide des spectrographes ordinairement en usage dans les laboratoires. Même dans le spectrogramme que donne l'excellent appareil de Féry, la fusion des deux raies est complète. Or, les cendres de *Chlora perfoliata* renferment, comme nous l'avons constaté, de petites quantités de baryum. Il est donc probable que Freundler a été trompé par cette coïncidence; il a pu croire qu'il y avait du césium dans les cendres de *Chlora*, mais il n'en a pas donné la démonstration.

MÉCANIQUE. — *Sur le pendule conique.*

Note de M. **Jules Haag**.

1. On a parfois utilisé le pendule conique comme organe régulateur d'une horloge. Sa supériorité sur le pendule oscillant est de donner une mesure *continue* du temps. Mais, il y a lieu de se demander si sa précision est comparable. C'est ce que nous allons examiner.

2. Le pendule conique peut tourner autour d'un axe Oy, lequel est horizontal et peut tourner autour de la verticale descendante Oz. La rotation autour de Oz est entretenue par un couple moteur Γ, agissant sur une petite tige, mobile autour de Oz et comportant une rainure, dans laquelle s'engage une pointe terminant la tige du pendule.

Appelons θ l'angle de Oz avec la perpendiculaire OZ à Oy, passant par le centre de gravité G du pendule; ω la vitesse angulaire du plan zOZ; a la distance OG; A, B, C les moments d'inertie du pendule par rapport à OX perpendiculaire à yOZ, par rapport à Oy et par rapport à OZ.

Supposons que la résistance de l'air admette une résultante appliquée en G, opposée à la vitesse v de G et valant $F(v)$. Soit f le coefficient de frottement

dans la rainure. Les équations différentielles du mouvement sont

$$(1)\qquad M\omega' + \omega\theta' D \sin 2\theta = \Gamma - \omega \frac{F(v)}{v} a^2 \sin^2\theta,$$

$$(2)\qquad B\theta'' - \omega^2 D \sin\theta \cos\theta = -\frac{F(v)}{v} a^2 \theta' - mga \sin\theta \pm \frac{f\Gamma}{\sin\theta \cos\theta},$$

où les accents désignent des dérivées par rapport à t et où l'on a posé

$$M = A \sin^2\theta + C \cos^2\theta, \qquad D = A - C.$$

3. En *rotation uniforme*, on a

$$(3)\qquad \Gamma = F(v_0) a \sin\alpha, \qquad \theta_0 = \alpha, \qquad v_0 = a\omega_0 \sin\alpha;$$

$$(4)\qquad mga = D\omega_0^2 \cos\alpha + f' \frac{\Gamma}{\sin^2\alpha \cos\alpha}, \qquad -f < f' < f.$$

Suivant la valeur de f', il y a une *infinité de tels régimes*. Il en résulte une imprécision pour α et ω_0, que l'on calcule en différentiant (3) et (4). La période du mouvement étant $2\pi/\omega_0$, l'incertitude de ω_0 se traduit par une *incertitude de marche diurne* dont la valeur absolue a pour limite supérieure, en secondes,

$$(5)\qquad X = 86400\, f \frac{a^3 F(F + v_0 F')}{D v_0^2 [F' v_0 \sin^2\alpha + 2(F + v_0 F') \cos^2\alpha]}.$$

4. Étudions maintenant la *stabilité* du régime ci-dessus, et, s'il est stable, la plus ou moins grande rapidité avec laquelle il est atteint. A cet effet, on pose $\theta = \alpha + x$, $\omega = \omega_0 + y$; on forme, à partir de (1) et (2), les équations linéaires vérifiées par x et y, puis *l'équation caractéristique* correspondante. On trouve que les *conditions de stabilité* sont $D > 0$ et une inégalité compliquée, que nous ne reproduisons pas.

Si la fonction $F(v)$ est quelconque, l'équation caractéristique dépend de v, donc de a et α, d'une manière compliquée. Le seul cas où elle soit indépendante de v est $F(v) = kv^2$, ce qui est approximativement le cas de la réalité. Supposons de plus que *l'ellipsoïde d'inertie relatif à G soit une sphère* et posons

$$(6)\qquad ma^2 = \lambda C, \qquad 2k^2 C = zm^3,$$

m désignant la masse du pendule. En posont $r = sv/a$, l'équation caractéristique s'écrit

$$(7)\qquad s^3(\lambda + 1)(\lambda \sin^2\alpha + 1) + s^2\lambda\sqrt{\frac{\lambda z}{2}}(3\lambda \sin^2\alpha + 1 + 2\sin^2\alpha)$$
$$+ s\lambda[1 + \lambda(1 + 3\cos^2\alpha) + z\lambda^2 \sin^2\alpha] + 2\lambda^2\sqrt{\frac{\lambda z}{2}}(1 + 2\cos^2\alpha) = 0$$

et il n'y a *qu'une condition de stabilité*.

5. Supposons *que la masse pendulaire soit une sphère* de rayon R. Le coefficient k vaut à peu près $44\pi R^2 . 10^{-5}$, en unités C.G.S. On en déduit

$$z = \frac{0{,}87 . 10^{\text{[illegible]}}}{d^2},$$

si d est la densité de la sphère. Par exemple, pour une sphère en *acier*, on a $z = 1,43.10^{-9}$. Ce coefficient est très petit. On en déduit que les racines de (7) ont approximativement pour valeurs

$$(8) \qquad s_1 = -\lambda\sqrt{2\lambda z}\,\frac{1+2u}{1+\lambda(1+3u)}, \qquad u = \cos^2\alpha;$$

$$(9) \qquad \left\{\begin{aligned} & s = -\sigma \pm i\sqrt{\rho}, \qquad \sigma = \lambda\sqrt{\frac{\lambda z}{2}}\,\frac{E}{2(\lambda+1)(\lambda\sin^2\alpha+1)[\lambda(1+3u)+1]}, \\ & \rho = \lambda\frac{1+\lambda(1+3u)}{(\lambda+1)(\lambda\sin^2\alpha+1)}, \end{aligned}\right.$$

$$E = \lambda^2\sin^2\alpha(1+5u) + 2\lambda(\sin^2\alpha - u^2) + 1 - 6u.$$

Prenons par exemple $a = 10\,R$ et $\alpha = 10^0$; on trouve

$$s_1 = -6,4.10^{-4}; \qquad \sigma = 2,7.10^{-4}, \qquad \rho = 114.$$

Les décréments logarithmiques sont 0,0007 et 0,0003; ils sont très petits; *la stabilisation est très lente.*

Bien entendu, le nombre des oscillations dans la rainure est néanmoins *fini*, à cause du *frottement.*

6. Revenons, avec ces données, à la formule (5); on trouve $X = 19f$ environ. Pour $f = 0,1$, l'incertitude de marche serait donc d'à peu près 2 secondes par jour, ce qui est énorme pour une horloge de précision. A ce défaut pourraient s'ajouter les variations accidentelles du couple Γ, ou du coefficient k, qui est proportionnel à la densité de l'air. La conclusion pratique est que *le pendule conique est très inférieur au pendule oscillant, pour les horloges de précision.*

GÉOLOGIE. — *La série stéphanienne du Bassin houiller de la Loire.* Note de M. **Pierre Pruvost.**

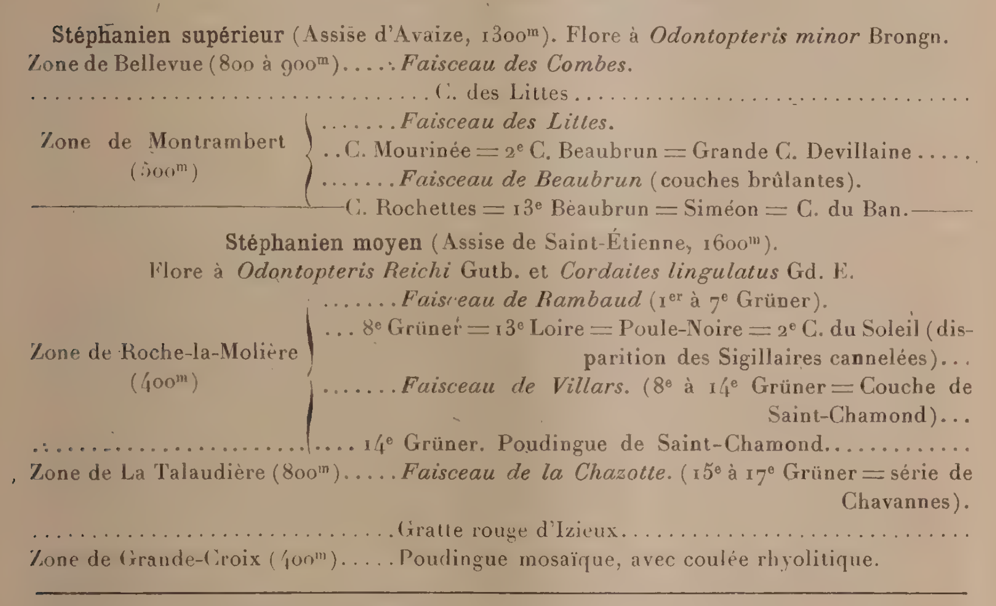
Le terrain houiller du Bassin de la Loire, type de l'étage stéphanien (A. de Lapparent et Munier-Chalmas, 1894), est bien connu grâce aux descriptions de L. Grüner, C. Grand'Eury, E. Coste et P. Bertrand [1]. Il semblait que, dans ce gisement de structure assez simple, la succession normale des dépôts et le numérotage des veines de houille, établis par Grüner, ne dussent point subir ultérieurement de retouches essentielles.

Or, à la suite d'études faites depuis 1942 avec M. J. Armanet, ingénieur en chef des mines, pour l'établissement d'un nouvel atlas de la topographie souterraine de ce bassin, je suis amené à en proposer d'assez importantes. Elles sont le résultat d'un véritable travail d'équipe, où ont collaboré, en particulier,

(1) L. Grüner, *Bassin de la Loire* (Mém. Topogr. souterr., 1850) : C. Grand'Eury, *Flore carbon. du départ. de la Loire* (Mém. présentés par plusieurs savants à l'Académie des Sciences, 1877; E. Coste, *Bassin houiller de la Loire* (Mém. Topogr. souterr., 1900; P. Bertrand, *Les grandes divisions paléont. du Stéphanien du Bassin de la Loire. Comptes rendus*, **167**, 1918, pp. 689-760.

avec tous les ingénieurs du Bassin, MM. A. Bonte et G. Waterlot, chargés du lever géologique aux affleurements, et M. J. de Maistre, ingénieur, chef du Service Géologique du bassin, qui a étudié plus spécialement les travaux souterrains. D'après nos observations, la série stéphanienne du Bassin de la Loire se présente actuellement comme le résume le tableau ci-dessous.

DIVISIONS DU TERRAIN HOUILLER DE SAINT-ÉTIENNE.



Stéphanien supérieur (Assise d'Avaize, 1300^{m}). Flore à *Odontopteris minor* Brongn.

Zone de Bellevue (800 à 900^{m})..... *Faisceau des Combes.*

................................C. des Littes..................................

Zone de Montrambert (500^{m})
- ....*Faisceau des Littes.*
- ..C. Mourinée = 2^{e} C. Beaubrun = Grande C. Devillaine.....
- ....*Faisceau de Beaubrun* (couches brûlantes).

———C. Rochettes = 13^{e} Beaubrun = Siméon = C. du Ban.———

Stéphanien moyen (Assise de Saint-Étienne, 1600^{m}).
Flore à *Odontopteris Reichi* Gutb. et *Cordaites lingulatus* Gd. E.

Zone de Roche-la-Molière (400^{m})
- ....*Faisceau de Rambaud* (1er à 7e Grüner).
- ... 8e Grüner = 13^{e} Loire = Poule-Noire = 2^{e} C. du Soleil (disparition des Sigillaires cannelées)...
- ....*Faisceau de Villars.* (8e à 14e Grüner = Couche de Saint-Chamond)...

.... 14e Grüner. Poudingue de Saint-Chamond.............

Zone de La Talaudière (800^{m})..... *Faisceau de la Chazotte.* (15e à 17e Grüner = série de Chavannes).

................................Gratte rouge d'Izieux..........................

Zone de Grande-Croix (400^{m})..... Poudingue mosaïque, avec coulée rhyolitique.

Stéphanien inférieur (Assise de Rive-de-Gier, 600^{m})
Flore à *Pecopteris lamurensis* Heer et *P. arborescens* et Sigillaires cannelées.
- *Faisceau de la Péronnière* (Grande-Masse) :
- Brèche de La Fouillouse.

Les principales rectifications aux données classiques sont les suivantes :

1° *Le Poudingue de Saint-Chamond*, considéré jusqu'ici, depuis Grüner et Grand'Eury, comme formant la base du Stéphanien moyen (Assise de Saint-Étienne), est en réalité une formation lenticulaire intercalée en pleine assise. En le suivant de proche en proche vers l'Ouest, nous constatons qu'il forme le toit de la couche Buissonnière à la Chazotte (= 15^{e} Couche de Grüner). Il en résulte que le faisceau de la Chazotte (15e à 17e couches) lui est inférieur et que ces couches passent, plus à l'Est (Saint-Chamond), à la série schisto-charbonneuse de Chavannes. D'autre part les coupes de la fendue de Langonan et du puits Lacroix ont montré que la *Gratte rouge* d'Izieux supporte ce faisceau, au lieu de couronner la série de Chavannes, comme le pensait Grand'Eury.

C'est en réalité le *Poudingue mosaïque* de Grand'Croix qui constitue la base

du Stéphanien moyen et ce dépôt, qui trahit une surrection du bord nord du bassin, marque une transgression très nette vers le Sud-Ouest du Stéphanien moyen sur l'inférieur (assise de Rive-de-Gier).

2° Au Sud d'un accident dont M. J. de Maistre a montré (²) que le rejet vertical atteint 500^{m} (faille du puits de la Loire) et qui prend en écharpe le bassin de Saint-Genest-Lerp à Terrenoire, le numérotage des veines, jusqu'à présent admis, doit être remanié de telle sorte que les couches puissantes assimilées à la 3e Grüner (Grande Couche Montrambert, 3e Loire), viennent se placer en pleine assise d'Avaize (Stéphanien supérieur), dont elles ont d'ailleurs livré la flore, loin d'être inférieures, comme on le croyait, à la couche des Rochettes. Par suite, l'assise d'Avaize, que l'on supposait épaisse de 400^{m}, en atteint en réalité 1300, et le Stéphanien du Bassin de Saint-Étienne accuse une puissance de 3500^{m}, comparable à celle du Westphalien de Westphalie.

Mais ceci n'implique pas que le fond de la cuvette houillère de Saint-Étienne atteigne, dans l'axe du pli, des profondeurs de l'ordre de 3000^{m}. En effet, on ne trouve jamais sur la même verticale la série complète superposée, car toutes les assises sont transgressives vers le Sud-Ouest, les plus récentes débordant les précédentes dans cette direction, de sorte qu'à la Béraudière, par exemple, non seulement le Stéphanien inférieur, mais encore le Stéphanien moyen productif, font défaut, et c'est à peu de chose près la base de l'assise d'Avaize (8e couche Béraudière = C. des Rochettes) qui y repose directement sur le socle cristallin.

Vers le haut, l'assise d'Avaize passe en concordance au Permien (couches rouges du Jardin des Plantes) et il n'est pas impossible (ceci est même très probable, car les caractères paléontologiques ne diffèrent guère), que la partie supérieure au moins de cette assise soit contemporaine des couches d'Igornay et de Molloy (Autunien inférieur) du Bassin d'Autun. Ainsi la limite supérieure de l'étage stéphanien, prise en son gisement type, chevaucherait la limite inférieure assignée à l'étage autunien dans la localité où ce dernier a été défini.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une cécidie foliaire d'*Artemisia vulgaris *L.* Note de MM. **Gustave Nicolas** et **François Nystérakis.**

L'un de nous a été frappé, en août 1947, le long du chemin d'Osséja à Palau-de-Cerdagne (Pyrénées-Orientales), par l'aspect d'une tige d'*Artemisia vulgaris* L., qui présentait, à 25^{cm} de son sommet, une courbure très accentuée, ramenant son extrémité vers le bas, presque parallèlement à la partie normalement dirigée de bas en haut. Dans la courbure, sur la face concave, deux rameaux sont restés très courts, mesurant respectivement 1,5 et 3^{cm}; le premier, inséré au nœud le plus inférieur de la courbure, est pourvu à son aisselle d'une feuille complètement transformée en galle; ces deux rameaux sont couverts de

(²) *Revue Ind. Minérale,* **485**, 1944, p. 163.

feuilles-galles, petites, crispées, couleur lie-de-vin. Au-dessus de la courbure, les feuilles sont, les unes normales, les autres plus ou moins galles, pas de rameaux florifères, mais quelques ramifications très courtes, couvertes de galles, sans capitules; au sommet de cette tige, sur une longueur de 4 à 5^{cm}, quelques capitules sessiles.

En plus de sa courbure, qui l'a signalée à notre attention, cette tige se caractérise, d'une part, par le raccourcissement de la région florifère (25^{cm} au lieu de 33 dans une tige normale), et surtout des rameaux florifères eux-mêmes, mesurant au maximum 3 à 4^{cm}, tandis que les plus longs ont, normalement, 8 à 10^{cm}, et, d'autre part, par la réduction du nombre des capitules.

Au cours de nos recherches, nous avons observé l'abondance de cette galle et retrouvé quelques autres courbures, mais moins accentuées que la précédente : l'une à 5^{cm} du sommet, la partie courbée portant plusieurs feuilles-galles; d'autres intéressant des rameaux normalement florifères, qui, restés courts et plus ou moins courbés, étaient couverts de feuilles-galles, sans capitules.

Ces différentes actions sur les feuilles, la tige et les ramifications sont dues à un Aphide, *Cryptosiphum Artemisiæ* Passerini, qui attaque les feuilles de l'Armoise (beaucoup plus, d'ailleurs, que ne l'indiquent les Auteurs) (1), où il provoque soit de simples petites excroissances disséminées à la face supérieure, soit des cloques localisées sur les bords, soit la transformation complète de la feuille en galle, qui abrite de nombreux pucerons à sa face inférieure.

Si cette galle, bien connue, a retenu notre attention, c'est dans le but de faire ressortir le rôle complexe de l'Insecte, rôle direct vis-à-vis des feuilles, qu'il déforme, indirect en ce qui concerne la tige et les rameaux, dont il provoque le raccourcissement et la courbure.

A la lueur de recherches récentes, il semble possible d'expliquer ces différentes actions. L'un de nous (2) n'a-t-il pas montré que l'acide indol-β-acétique, considéré comme une hétéro-auxine, absorbé par les racines, entraîne le raccourcissement des entre-nœuds de la Vigne, l'un des caractères du Court-noué et établi que les galles phylloxériques de la Vigne étaient dues à une hétéro-auxine sécrétée par l'Insecte?

Il semble logique d'admettre aussi que *Cryptosiphum Artemisiæ* sécrète une auxine capable de provoquer tout d'abord, suivant le nombre des pucerons, des déformations plus ou moins prononcées des feuilles. Cette auxine, abondante tant par le nombre des Insectes qui la produisent que par celui des feuilles-galles, peut se répandre dans les jeunes rameaux porteurs de celles-ci, si elle y diffuse partout, d'une façon uniforme, il en résulte un arrêt dans la

---

(1) HOUARD, *Zoocécidies des plantes d'Europe*, **2**, p. 1000; il est question seulement des feuilles terminales, déformées, crispées, rouges, peu développées.

(2) FR. NYSTÉRAKIS, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 54-56, et **222**, 1946, p. 1133-1134; *C. R. Acad. Agriculture*, **32**, 1946, p. 444-446.

croissance des entre-nœuds. Enfin, lorsque des ramifications ont été ainsi modifiées, sont restées courtes, couvertes de petites feuilles-galles, l'auxine produite très abondamment passe du rameau dans la tige qui le supporte, où elle entraîne un retard dans la croissance de la face sur laquelle ce rameau est inséré, d'où courbure.

La méthode utilisée pour la mise en évidence de l'acide indol-β acétique nous a montré que *Cryptosiphum Artemisiæ* produit de grandes quantités de cette substance.

Ne peut-on se demander, comme l'a déjà fait l'un de nous ([3]), si les monstruosités, si fréquentes chez certains végétaux et même chez certaines familles et dont on cherche depuis longtemps à préciser le mécanisme, ne relèveraient pas de l'intervention des auxines. C'est un nouveau chapitre de la tératologie végétale qui est ouvert.

M. **Georges Bouligand** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier en collaboration avec M. Jean Desbats, intitulé *La Mathématique et son unité*.

M. **Henri Perrier de La Bathie** fait hommage à l'Académie de huit fascicules de la *Flore de Madagascar*, publiée sous la direction de M. Henri Humbert, et contenant des Mémoires dont il est l'auteur : 1° 24e, 25e, 26e, 27e familles : *Scheuchzériacées, Alismatacées, Hydrocharitacées, Triuridacées;* 2° 33e, 34e, 35e familles : *Flagellariacées, Restionacées, Xyridacées;* 3° 38e, 39e familles : *Pontédériacées, Juncacées;* 4° 45e, 46e, 47e, 48e familles : *Iridacées, Musacées, Zingibéracées, Burmanniacées;* 5° 106e famille : *Burséracées;* 6° 114e, 115e, 116e, 117e familles : *Anacardiacées, Aquifoliacées, Célastracées, Hippocratéacées;* 7° 118e famille : *Salvadoracées;* 8° 140e famille : *Flacourtiacées*.

CORRESPONDANCE.

Mmes **Maurice Lambrey, Louis Mazoué**, Mlle **Maryvonne Hamon**, MM. **Paul Aussure, Henri Baulig, François Bellon, Gaston Benneton, Jacques Benoit, André Boivin, Philippe Boulin, Charles Brioux, Henri Burgevin, Maurice Cahuzac, Léon Capdecomme, Robert Capot-Rey, Henri Cartan, Fernand Caujolle, Paul Chauchard, Paul Cordier, Paul Cossa, Georges Darzens, Jean Daujat, Georges Deflandre, Daniel Dugué, Jean Dutheil, Emmanuel Fauré-Frémiet, Charles Fehrenbach, Pierre Ferrand, Ulysse Filippi, Henri Gondet, Jean-Paul Grinda, Henri Gutton, Robert Hardouin, Henri Jacotot, Eugène Joumier, François Jung, Joseph Kampé de Fériet, Antoine Lacassagne, René Lagrange, Raoul Lecoq, Pierre Mallet-Guy,**

([3]) Fr. Nystèrakis, *Revue Horticole*, 119e année, 1947, p. 306-315.

Paul Nicaud, Marcel Pauthenier, Henri Perrier de La Bâthie, Paul Perrin, Paul Pesson, Charles Pisot, Charles Robequain, Pierre Savel, Sven Schmidt, Augustin Seguin, Camille Simonin, Nicolas Stoyko, Marcel Thoral, Belling Tsaï, Max Vachon, Joseph Wiemann adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M[mes] **Lucien Beille, Paul Bertrand, René Gosse, Paul Reiss, Gilbert Rougier** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs maris.

M[me] **D. Schwartz** adresse des remercîments pour la distinction accordée à son père, **Raymond Berr**.

M[lle] **Madeleine Cauvin** adresse des remercîments pour la distinction accordée à son oncle, **Stanislas Zaremba**.

MM. **Léon Bertin, Jean Besson, Claude Francis-Bœuf, Guy Mennessier, Émile Peynaud, Jean Ribéreau-Gayon, Marcel Véron**, le Président de la **Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leur Bibliothèque.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Flore des Spermatophytes du Parc National Albert. II. Sympétales*, par Walter Robyns (présenté par M. Roger Heim).

2° Savoir en Histoire naturelle. Volumes XIX et XX. *Ce qu'il faut savoir des Maladies des Plantes cultivées et de leurs ennemis. La pratique des soins à donner au Potager, au Verger, aux Grandes Cultures*, par Jean Lhoste. Tomes I et II.

3° Id. Volume XXI. *Ce qu'il faut savoir des Plantes médicinales de France*, par R.-Ch. Guilliot. Aquarelles de F. Porchet.

4° Institut de recherches sur le caoutchouc en Indochine. *Cahiers I. R. C. I.* Volume I, 1944.

PRINCIPES DES SCIENCES MATHÉMATIQUES. — *Esquisse d'une Mathématique intuitioniste positive*. Note de M[me] **Paulette Destouches-Février**.

1. Récemment un certain nombre de mathématiciens, notamment MM. E. Borel (¹), A. Denjoy (²), G. Bouligand (³), G. F. C. Griss (⁴), ont

(¹) *Les paradoxes de l'infini*, Paris, 1947, et *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 765, 1537 et 1597.

(²) *L'énumération transfinie*, Paris, 1946, et *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1011 et 1129.

(³) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1747 et **225**, 1947, p. 780.

(⁴) *Proc. Nederland. Akad. v. Wetensch.*, **53**, 1944, p. 261 et **49**, 1946, p. 1127.

précisé leur position sur les fondements et les méthodes des mathématiques. Il serait possible, comme nous allons le voir, de définir une conception intermédiaire entre l'intuitionisme de Brouwer et l'intuitionisme sans négation de Griss.

2. Si, à la suite de Borel et de Brouwer, on fait jouer un rôle fondamental à la notion de constructibilité, on peut associer à une proposition p deux propositions : $\mathbf{C}p$, *p est constructible*, et $\mathbf{N}p$, *p n'est pas constructible*. $\mathbf{C}$ et $\mathbf{N}$ sont assimilables à des opérateurs de modalité, et l'on peut poser

$$\mathbf{C}^2 = \mathbf{C}, \qquad \mathbf{CN} = \mathbf{N}.$$

On serait tenté de définir $\mathbf{N}$ comme la négation de $\mathbf{C}$, soit $\sim \mathbf{C}$. Si l'on admet l'associativité des opérateurs $\mathbf{N}$, $\mathbf{C}$, $\sim$, en considérant $\mathbf{NN}$ et les relations précédentes, on voit que si la règle de double négation est valable, $\mathbf{NN}$ se réduit à $\mathbf{C}$. Or ceci n'a pas de sens, car si $\mathbf{N}p$ n'est pas constructible, il n'en résulte pas que p soit constructible. Si donc l'on admet (comme Borel) la règle de la double négation pour $\sim$, la modalité $\mathbf{N}$ ne peut se réduire à $\sim \mathbf{C}$. On peut définir une nouvelle négation $\sim_{\mathrm{N}}$ telle que $\sim_{\mathrm{N}} \mathbf{C} =_d \mathbf{N}$, mais la règle de double négation ne vaut pas pour $\sim_{\mathrm{N}}$.

3. La conception empiriste est objectiviste en ce sens qu'une proposition y est vraie ou fausse objectivement, le principe du tiers exclu est valable, mais nos moyens de déterminer la vérité ou la fausseté d'une proposition sont limités à des procédés de construction. Au contraire les conceptions intuitionistes sont subjectivistes en ce sens que les mathématiques sont en devenir, qu'une proposition n'est vraie qu'une fois la construction réussie, qu'il n'existe pas de modèle idéal des notions mathématiques préalable aux pensées mathématiques. La différence se manifeste principalement dans la considération des suites infinies qui, pour un objectiviste, se comportent comme des objets, tandis que pour un intuitioniste ce sont des collections en devenir. La position intuitioniste nécessite l'abandon du principe du tiers exclu ; seules les propositions constructibles y ont un sens.

4. Si l'on renonce à la règle de double négation (c'est une conséquence du rejet du tiers exclu), on doit distinguer entre propositions positives et négatives. Une proposition (ou une relation) sera dite *positive* si son expression ne commence pas par un signe de négation. Une proposition (ou une relation) sera dite *négative* si elle est la négation d'une autre proposition. De même une définition est dite *positive* s'il ne figure aucun signe de négation dans la fonction définissante du terme considéré ; elle est dite *négative* si un ou plusieurs signes de négation y figurent. En mathématiques classiques on n'attache pas une grande importance à la distinction entre définitions positives et négatives, et comme la règle de double négation est valable, toute proposition est à la fois positive et négative ; mais ceci n'a plus lieu si cette règle est rejetée et la distinction entre les caractères positifs et négatifs est fondamentale en intuitio-

nisme. Les définitions et les propositions négatives ne peuvent avoir un sens que si la négation a un sens intuitivement clair, ce qui n'est pas le cas si le tiers exclu et la règle de double négation sont rejetés. Griss a récemment développé un intuitionisme sans négation dans lequel on ne considère que des définitions et des propositions positives, puisque la négation n'a pas un sens clair pour cet auteur.

5. Cette conception nous paraît trop radicale. Nous admettrons avec les intuitionistes qu'un élément mathématique n'*existe*, qu'une proposition n'est *démontrée* qu'une fois réalisée une construction convenable, que les processus de construction ne peuvent être exhaustivement formulés par avance et que la logique doit être considérée comme partie intégrante des mathématiques. Avec Griss nous n'admettrons que des définitions positives ; mais, en opposition avec lui, nous accepterons une certaine notion de négation pourvu qu'elle soit définie d'une manière intégralement positive. D'autre part, il nous paraît que la notion de contradiction ne peut être évitée, mais elle ne doit intervenir qu'une fois définie d'une manière positive (c'est-à-dire sans négation). Nous partirons de la théorie des nombres naturels de Griss. Dans cette théorie sont définies d'une façon positive deux relations binaires entre entiers naturels : *le même*, $=$, et *discernable* $\#$. Nous appellerons *contradiction* la proposition $\varnothing$:

$$\varnothing =_d (a = b) \quad \text{et} \quad (a \# b), \qquad \text{ou bien} \quad \varnothing =_d (1 = 2),$$

où a et b sont des nombres appartenant à un ensemble fini d'entiers. Une théorie sera dite *contradictoire* si l'on peut y établir la vérité de $\varnothing$. Le sens du terme *contradictoire* est ici très étroit. Nous définirons alors la négation d'une façon positive à partir de la contradiction par

$$\neg p =_d \ p \to \varnothing,$$

et, en dehors de cette définition, nous n'accepterons aucune règle spéciale pour la négation (car un axiome de logique où figurerait la négation ne serait pas une proposition positive). Il en résulte une logique propre à cette conception, et les propriétés de cette négation y apparaissent au moyen de la substitution de $\varnothing$ à une proposition q dans des expressions de la forme $p \to q$.

Si l'on admet que la notion de nombre entier est intuitivement claire, et que toute définition, et toute démonstration est liée à des constructions, en posant l'exigence du caractère positif de toute définition, y compris celle de la négation, on arrive à une conception nouvelle, que nous appellerons *mathématique intuitioniste positive*, intermédiaire entre celle de Griss et celle de Brouwer et Heyting, et assez proche de celle esquissée par Johansson [5].

---

[5] *Compositio Math.*, 4, 1936, p. 119.

ALGÈBRE. — *Sur les anneaux locaux.* Note [1] de M. **Pierre Samuel**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Nous conserverons les notations et la terminologie d'une Note précédente [2]. Tous les polynomes $P_{\mathfrak{q}}(n)$ (les idéaux $\mathfrak{q}$ étant primaires pour l'idéal maximal d'un anneau local $\mathfrak{O}$) ont même degré d. Nous dirons que d est la *dimension* de $\mathfrak{O}$. On démontre les résultats suivants :

1° Tout idéal $\mathfrak{q}$, primaire pour $\mathfrak{m}$, est engendré par au moins d éléments;

2° Si $\mathfrak{O}/\mathfrak{m}$ est un corps infini et si $\mathfrak{m}$ n'est pas un idéal premier de $\{0\}$, il existe $a \in \mathfrak{m}$ tel que $(\mathfrak{m}^n : \mathfrak{O}a) = \mathfrak{m}^{n-1}$ pour n assez grand. Soit $\overline{\mathfrak{O}} = \mathfrak{O}/\mathfrak{O}a$, $\overline{\mathfrak{m}} = \mathfrak{m}/\mathfrak{O}a$;alors $P_{\overline{\mathfrak{m}}}(n) = P_{\mathfrak{m}}(n) - P_{\mathfrak{m}}(n-1)$;

3° Il existe un idéal primaire pour $\mathfrak{m}$ engendré par d éléments. 1° et 3° montrent que notre définition de la dimension coïncide avec celle de Chevalley (L. R.). Si $\{x_1, \ldots, x_d\}$ engendre un idéal primaire pour $\mathfrak{m}$, $\}x_1, \ldots, x_d\}$ est appelé un *système de paramètres* (s. p.);

4° Si a n'est pas un diviseur de zéro, $(\mathfrak{q}^n : \mathfrak{O}a) \subset \mathfrak{q}^{n-k}$, k étant un entier fixe. En particulier $\dim \mathfrak{O}/\mathfrak{O}a = \dim \mathfrak{O} - 1$, longueur$(\mathfrak{O}a + \mathfrak{q}/\mathfrak{q}^n)$ est un polynome en n de degré d, avec même coefficient de n^d que $P_{\mathfrak{q}}(n)$. En tenant compte du fait (facile à montrer par récurrence sur d, voir L. R.) qu'il existe une chaîne d'idéaux premiers de longueur $d+1$, on voit que notre définition de la dimension coïncide avec celle de Krull (K.).

Nous dirons qu'un anneau local $\mathfrak{O}$ est *homogène* si, pour tout idéal premier $\mathfrak{p}$, $\dim \mathfrak{O} = \dim \mathfrak{O}/\mathfrak{p} + \dim \mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$. Tout anneau local géométrique [3], et tout anneau local dont la complétion n'a pas de diviseurs de zéro (C) (*anneau analytiquement irréductible*) est homogène. Nous dirons que $\mathfrak{O}$ est *équidimensionnel* (I) si $\dim \mathfrak{O} = \dim \mathfrak{O}/\mathfrak{p}_i$ pour tout idéal premier minimal $\mathfrak{p}_i$; il est clair que tout anneau homogène est équidimensionnel; un idéal $\mathfrak{A}$ de $\mathfrak{O}$ est dit équidimensionnel si $\mathfrak{O}/\mathfrak{A}$ est équidimensionnel.

II. Considérons le terme de plus haut degré de $P_{\mathfrak{q}}(n)$. Il a la forme $e(\mathfrak{q})n^d/d!$; l'entier naturel $e(\mathfrak{q})$ sera appelé la *multiplicité* de $\mathfrak{q}$; $e(\mathfrak{m})$ est aussi appelé la multiplicité de l'anneau $\mathfrak{O}$. Notre définition de la multiplicité généralise celle de Chevalley (I, p. 13); en effet :

Théorème 1. — *Soit $\mathfrak{O}$ un anneau local complet contenant un corps* L *sur lequel $\mathfrak{O}/\mathfrak{m}$ est fini; soit $\mathfrak{q}$ engendré par le s. p. $\{x_1 \ldots x_d\}$. Posons $\mathfrak{O}' = L[[x_1 \ldots x_d]]$ et supposons que $\mathfrak{O}$ soit un $\mathfrak{O}'$-module régulier. Alors $[\mathfrak{O} : \mathfrak{O}'] = e(\mathfrak{q})[\mathfrak{O}/\mathfrak{m} : L]$.*

Si $\mathfrak{m}$ peut être engendré par un s. p, $\mathfrak{O}$ est dit régulier [« p-Reihenring » (K.)]. Il est facile de voir qu'un anneau local régulier a multiplicité 1.

---

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) *Une généralisation de polynomes de Hilbert* (*Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1111).

(3) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 57, 1945, p. 1-85 (Note I).

Réciproquement tout anneau local homogène de multiplicité 1 est régulier. De plus, dans un anneau local régulier, l'idéal maximal est le seul idéal de multiplicité 1. Enfin :

THÉORÈME 2. — *Soit* $\mathfrak{O}$ *un anneau local homogène,* $\mathfrak{O}/\mathfrak{m}$ *étant un corps infini, et soit* $\mathfrak{q}$ *primaire pour* $\mathfrak{m}$. *Il existe* $\mathfrak{q}' \subset \mathfrak{q}$ *engendré par un s. p. et tel que* $e(\mathfrak{q}') = e(\mathfrak{q})$.

III. Nous appellerons *noyaux* les anneaux locaux désignés par Chevalley sous le nom de *nucleï* (I, p. 4). Soient $\mathfrak{O}$ un anneau local, ϖ un sous-anneau de $\mathfrak{O}$; nous dirons que $\mathfrak{O}$ est *quasi fini* (*q. f.*) sur ϖ si $\mathfrak{O}$ est un ϖ-module régulier et s'il existe un anneau intermédiaire $s(\varpi \subset s \subset \mathfrak{O})$. Ainsi sur ϖ et tel que $\mathfrak{O} = s_m$ (m étant un idéal maximal de s). Rappelons (I, pp. 7, 9) que s est un anneau-semi local (L. R.), que $\mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$ est *q. f.* sur $\varpi_{\mathfrak{p}\cap\varpi}$ ($\mathfrak{p}$ étant premier), que la complétion $\overline{\mathfrak{O}}$ est *q. f.* sur $\overline{\varpi}$, et que $\mathfrak{O}/\mathfrak{A}$ est *q. f.* sur $\varpi/\mathfrak{a}\cap\varpi$ ($\mathfrak{A}$ équidimensionnel). Enfin la propriété de quasi-finitude est transitive. Nous dirons qu'un anneau local est un *anneau à noyau* s'il est *q. f.* sur un noyau. Au moyen d'une généralisation du lemme de normalisation de Noether (I, lemme 2, p. 5, cette généralisation consiste à remarquer que l'idéal $\mathfrak{p}$ n'a pas besoin d'être premier) et de son analogue pour les anneaux de séries formelles, on montre que la classe des anneaux à noyaux est fermée par rapport aux opérations $\mathfrak{O} \to \overline{\mathfrak{O}}$, $\mathfrak{O} \to \mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$, $\mathfrak{O} \to \mathfrak{O}/\mathfrak{A}$ ($\mathfrak{A}$ équidimensionnel). Les *anneaux locaux géométriques* (I) sont ceux de la sous-classe obtenue en imposant aux anneaux $\mathfrak{A}$ de la troisième opération la condition supplémentaire d'être premiers.

Soit $\mathfrak{q}$ un idéal primaire d'un anneau à noyau $\mathfrak{O}$. L'étude des anneaux à noyau $\mathfrak{O}/\mathfrak{q}$ et $\mathfrak{O}/\overline{\mathfrak{O}}\mathfrak{q}$ ($\mathfrak{q}$ primaire pour $\mathfrak{p}$) montre que, en désignant par $\bar{\mathfrak{p}}$ un idéal premier de $\overline{\mathfrak{O}}_{\mathfrak{p}}$ et par $\tilde{\mathfrak{q}}$ la composante primaire de $\mathfrak{q}\overline{\mathfrak{O}}$ selon $\mathfrak{p}$, on a : *Longueur* $\tilde{\mathfrak{q}}$ = *longueur* $\mathfrak{q}$ (Théorème de transition); comme conséquences immédiates :

1° Prenons $\mathfrak{q} = \mathfrak{p}$. Alors $\mathfrak{p}\overline{\mathfrak{O}}$ est intersection d'idéaux premiers. En d'autres termes : tout anneau local géométrique sans diviseurs de zéro est *analytiquement non ramifié* (cf. I, p. 11);

2° Prenons $\mathfrak{q} = \mathfrak{w}^{(n)}$ ($\mathfrak{w}$ primaire pour $\mathfrak{p}$). Puisque $\widetilde{\mathfrak{w}^{(n)}} = \tilde{\mathfrak{w}}^{(n)}$, longueur $\mathfrak{w}^{(n)}$ = longueur $\tilde{\mathfrak{w}}^{(n)}$. En d'autres termes $\mathfrak{P}_{\mathfrak{w}\mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}}(n) = \mathfrak{P}_{\mathfrak{w}\overline{\mathfrak{O}}_{\bar{\mathfrak{p}}}}(n)$. En particulier les *multiplicités* des idéaux engendrés par $\mathfrak{w}$ dans $\mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$ et $\overline{\mathfrak{O}}_{\bar{\mathfrak{p}}}$ sont égales. Si $\mathfrak{w}\mathfrak{O}_{\mathfrak{p}}$ est engendré par un s. p. nous obtenons le *theorem of transition* de Chevalley (I, p. 22).

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les bases du groupe symétrique d'ordre 7!* Note (¹) de Mme **Sophie Piccard**.

Soit $\mathfrak{S}_7$ le groupe symétrique d'ordre 7!, dont les substitutions portent sur les éléments 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Nous disons que deux substitutions S et T du groupe $\mathfrak{S}_7$ sont *connexes* s'il n'existe aucun sous-ensemble propre de l'ensemble {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} composé de la totalité des éléments de certains cycles aussi bien de S que de T. Ainsi les deux substitutions (1 2 3)(4 5)(6 7) et (1 4 6) sont connexes, alors que les substitutions (1 2 3)(4 5)(6 7) et (1 2 4)(3 5) ne le sont pas. Deux substitutions S et T de $\mathfrak{S}_7$ constituent *une base du groupe* $\mathfrak{S}_7$ si toute substitution R de $\mathfrak{S}_7$ peut être obtenue par composition finie de S et T.

Soit $a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 a_7$ une permutation quelconque des nombres 1, 2, ..., 7. Le groupe $\mathfrak{S}_7$ contient des substitutions des 15 types suivants :

type **1**... $(a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 a_7)$
— **2**... $(a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6)(a_7)$
— **3**... $(a_1 a_2 a_3 a_4 a_5)(a_6)(a_7)$
— **4**... $(a_1 a_2 a_3 a_4 a_5)(a_6 a_7)$
— **5**... $(a_1 a_2 a_3 a_4)(a_5)(a_6)(a_7)$
6... $(a_1 a_2 a_3 a_4)(a_5 a_6)(a_7)$
— **7**... $(a_1 a_2 a_3 a_4)(a_5 a_6 a_7)$
— **8**... $(a_1 a_2 a_3)(a_4)(a_5)(a_6)(a_7)$
type **9**... $(a_1 a_2 a_3)(a_4 a_5)(a_6)(a_7)$
— **10**... $(a_1 a_2 a_3)(a_4 a_5)(a_6 a_7)$
— **11**... $(a_1 a_2 a_3)(a_4 a_5 a_6)(a_7)$
— **12**... $(a_1 a_2)(a_3)(a_4)(a_5)(a_6)(a_7)$
— **13**... $(a_1 a_2)(a_3 a_4)(a_5)(a_6)(a_7)$
— **14**... $(a_1 a_2)(a_3 a_4)(a_5 a_6)(a_7)$
— **15**... $(a_1)(a_2)(a_3)(a_4)(a_5)(a_6)(a_7)$

Soient S et T deux substitutions du groupe $\mathfrak{S}_7$. Nous dirons que le couple S, T est du type (a, b) si la substitution S est du type a et la substitution T est du type b.

Les propositions suivantes permettent de déterminer toutes les bases du groupe $\mathfrak{S}_7$.

Proposition 1. — Si le couple S, T est de l'un des onze types (1,4), (1,5), (1,7), (1,9), (1,12), (2,4), (2,7), (2,10), (3,7), (4,7), (4,11), alors les deux substitutions S et T sont toujours connexes et elles constituent toujours une base du groupe $\mathfrak{S}_7$.

Proposition 2. — Si le couple S, T est de l'un des 43 types (2,3), (2,5), (2,6), (2,8), (2,9), (2,12), (2,13), (3,4), (3,5), (3,9), (3,14), (4,4), (4,5), (4,6), (4,8), (4,9), (4,10), (4,12), (4,13), (4,14), (5,5), (5,6), (5,7), (5,9), (5,10), (5,11), (5,14), (6,7), (6,9), (6,14), (7,7), (7,8), (7,9), (7,10), (7,11), (7,12), (7,13), (7,14), (9,9), (9,10), (9,11), (9,14), (10,14), les substitutions S et T ne sont pas toujours connexes et la condition nécessaire et suffisante pour que S, T soit une base de $\mathfrak{S}_7$, c'est que S et T soient connexes.

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

Proposition 3. — Si le couple S, T est de l'un des deux types (1,2), (1,14), les deux substitutions S et T sont toujours connexes, mais elles ne constituent pas toujours une base de $\mathfrak{S}_7$. Notamment, si $S=(a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 a_7)$ et si $T=(a_i a_{i+2} a_{i+1} a_{i+5} a_{i+3} a_{i+4})$ ou si $T=(a_i a_{i+4} a_{i+3} a_{i+5} a_{i+1} a_{i+2})$, ou encore si $T=(a_i a_{i+1})(a_{i+2} a_{i+6})(a_{i+3} a_{i+5})$, i désignant un nombre quelconque de la suite 1, 2, ..., 7 et les indices $i+j(j=1, 2, 3, 4, 5, 6)$ devant être réduits mod 7, de façon à être compris au sens large entre 1 et 7, alors S et T ne constituent pas une base de $\mathfrak{S}_7$. Dans tous les autres cas où S, T est de l'un des types (1,2), (1,14), le couple S, T est une base de $\mathfrak{S}_7$.

Proposition 4. — Si le couple S, T est de l'un des quatre types (2,2), (2,11), (2,14), (11,14), les deux substitutions S et T ne sont pas toujours connexes et, même si elles sont connexes, elles ne constituent pas toujours une base de $\mathfrak{S}_7$. Notamment si $S=(a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6)(a_7)$ et si

	$T=(a_i a_{i+2} a_{i+3} a_{i+1} a_{i+4} a_7)$	ou si	$T=(a_i a_7 a_{i+4} a_{i+1} a_{i+3} a_{i+2})$
ou si	$T=(a_i a_{i+3} a_{i+1} a_{i+2} a_{i+4} a_7)$	»	$T=(a_i a_7 a_{i+4} a_{i+2} a_{i+1} a_{i+3})$
»	$T=(a_i a_{i+4} a_{i+1})(a_{i+2} a_{i+3} a_7)$	»	$T=(a_i a_{i+1} a_{i+4})(a_{i+2} a_7 a_{i+3})$
»	$T=(a_i a_{i+3} a_{i+1})(a_{i+4} a_{i+5} a_7)$	»	$T=(a_i a_{i+1} a_{i+3})(a_{i+4} a_7 a_{i+5})$
»	$T=(a_i a_7)(a_{i+1} a_{i+5})(a_{i+2} a_{i+3})$	»	$T=(a_i a_7)(a_{i+1} a_{i+5})(a_{i+3} a_{i+4})$,

i désignant un nombre quelconque de la suite 1, 2, 3, 4, 5, 6 et les indices $i+j(j=1, 2, 3, 4, 5)$ devant être réduits mod. 6, de façon à être compris au sens large entre 1 et 6, ou enfin si $S=(a_1 a_2 a_3)(a_4 a_5 a_6)(a_7)$ et si $T=(a_i a_j)(a_k a_l)(a_m a_7)$, où i, j, k, l, m sont les nombres de la suite 1, 2, 3, 4, 5, 6, les deux éléments de l'un des deux ensembles φ) $\{a_i, a_j\}$, $\{a_k, a_l\}$ faisant partie d'un même cycle du 3e ordre de S et les deux éléments du second des ensembles φ) faisant partie de deux cycles différents du 3e ordre de S, alors les deux substitutions S et T, bien que connexes, ne constituent pas une base de $\mathfrak{S}_7$. Mais dans tous les autres cas où le couple S, T est de l'un des types (2, 2), (2, 11), (2, 14) ou (11, 14), la condition nécessaire et suffisante pour que les substitutions S et T constituent une base du groupe $\mathfrak{S}_7$, c'est qu'elles soient connexes.

Proposition 5. — Le groupe $\mathfrak{S}_7$ ne possède pas d'autres bases que celles comprises par les propositions 1-4.

THÉORIE DES GROUPES. — *Représentations linéaires du groupe affine complexe*. Note de M. **Jacques Courtois**.

Dans le cas du *groupe affine complexe d'un espace vectoriel complexe à* 2 N *dimensions*, complétons ce qui a été dit dans la Note précédente [1].

---

[1] *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 850. (Errata à paraître.)

I. Pseudoscalaires. — D'une façon générale, un pseudoscalaire S est une grandeur représentée dans chaque repère par un nombre complexe S_0. Celui-ci, dans une transformation de déterminant

$$\Delta = \rho\, e^{i\varphi},$$

est multiplié par

$$\rho^{w} e^{in\varphi} = |\Delta|^{w-n} \Delta^{n} \qquad [w \text{ quelconque}, n \text{ entier } (^2)].$$

Soit V^0 la mesure, dans le même repère, du volume

$$V = [\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N];$$

la quantité

$$S_0 |V^0|^{-w+n} V^{0\,-n} = q$$

est un scalaire. En tant que fonction de $\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N$, elle définit S comme un *expanseur généralisé de rang* N. V^0 et $|V^0|$ représentent de même les *capacités* V et $|V|$, correspondant respectivement à

$$w = 1,\ n = 1 \qquad \text{et} \qquad w = 1,\ n = 0,$$

et l'on a

$$S = q\,|V|^{w-n} V^{n}.$$

II. Représentations unitaires. — 1. *Pseudoscalaires*. — On obtient une représentation unitaire irréductible en prenant w *imaginaire pur*.

2. *Groupe des homothéties*. — Soit une homothétie de rapport

$$\lambda = r\, e^{i\theta}.$$

Une grandeur numérique multipliée dans cette homothétie par

$$r^{iu} e^{i\nu\theta} \qquad (u \text{ réel}, \nu \text{ entier}),$$

définit une représentation unitaire irréductible, à une composante, du groupe des homothéties.

Toute fonction numérique continue de λ peut être approchée, uniformément dans tout domaine $0 < \varepsilon \leq r \leq R$, par des sommes finies de tels termes.

3. *Cas général*. — Soit f tout élément d'une *représentation unitaire irréductible du groupe unimodulaire complexe* de Gelfand et Neumark (3).

Dans l'homothétie λ, $\Delta = \lambda^n$. Par suite, les homothéties

$$(1) \qquad r = 1, \qquad \theta = \frac{2k\pi}{N}$$

sont des transformations unimodulaires. Soient f_k les transformés de f

---

(2) Nous supposons toujours les fonctions univoques. On pourrait s'en affranchir dans ces définitions.

(3) Doklady, 54, 1946, p. 195.

(avec $f_0 = f$). Les N combinaisons

$$f_{(l)} = \sum_{0}^{N-1}{}_k e^{-\frac{2ilk\pi}{N}} f_k \qquad (l = 0, 1, \ldots, N-1)$$

sont des vecteurs propres de ces homothéties, multipliés chacun par

$$(2) \qquad e^{\frac{2ilk\pi}{N}},$$

et non tous nuls, puisque

$$\Sigma_l f_{(l)} = f.$$

Mais, les homothéties (1) commutant avec toutes les transformations, les $f_{(l)}$ non nuls engendreraient des représentations irréductibles *distinctes* du groupe unimodulaire. Donc f est un $f_{(l)}$, c'est-à-dire un vecteur propre de (1) pour la valeur propre (2), l étant fixe pour chaque représentation irréductible.

Posons que, dans toute homothétie, f est multiplié par

$$r^{iu} e^{i\nu\theta},$$

avec

$$i\nu \frac{2\pi}{N} = \frac{2il\pi}{N} + 2in\pi,$$

soit

$$\nu = l + nN \qquad (n \text{ entier} \gtrless 0).$$

Toute transformation affine est le produit d'une homothétie et d'une transformation unimodulaire, définies chacune à une transformation (1) près ([4]). La loi de transformation de f s'en déduit et l'on voit que, *pour chaque représentation unitaire irréductible du groupe unimodulaire et pour chaque valeur de u (réel) et n (entier), les f constituent une représentation unitaire du groupe affine*. Celle-ci est *irréductible* puisque toute sous-variété linéaire fermée invariante serait invariante par le groupe unimodulaire.

On retrouve les pseudoscalaires en partant de la représentation triviale du groupe unimodulaire constituée par un invariant.

Pour savoir si l'on a obtenu un système *complet*, il faut attendre un exposé plus détaillé des résultats de Gelfand et Neumark.

([4]) En d'autres termes, le groupe affine est homomorphe au produit direct du groupe des homothéties par le groupe unimodulaire, et s'en déduit en identifiant les transformations (1) des deux groupes facteurs.

THÉORIE DES GROUPES. — *Cascades de groupes topologiques.*
Note de M. **Jean Braconnier**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Cette Note complète une Note précédente [1], désignée dans la suite par [L]. Si A est un ensemble *filtrant à gauche* (ordonné par la relation $\prec$), une famille $(G_\alpha)_{\alpha \in A}$ de groupes topologiques satisfaisant aux conditions (L_I) et (L_{II}) de [L] est appelée une *cascade de groupes* (*relativement aux* $H_{\alpha\beta}$ *et aux* $f_{\alpha\beta}$); on dit que le groupe topologique G, défini dans [L], est le *groupe limite* de cette cascade. Soit $\beta \in A$ et H_β l'ensemble des $x \in G$ qui sont classes modulo B d'une famille $(x_\alpha)_{\alpha \in A}$ telle que $x_\beta = f_{\beta\alpha}(x_\alpha)$ si $\alpha \prec \beta$; H_β est un *sous-groupe ouvert* de G, qu'on appelle β-*base* de G, et $x \to x_\beta$ est une *représentation continue* f_β de H_β dans G_β, qu'on appelle β-*projection* de H_β.

Soient Λ un autre ensemble filtrant, L le groupe limite d'une cascade de $(L_\lambda)_{\lambda \in \Lambda}$ (rel. à des $M_{\lambda\mu}$ et des $g_{\mu\lambda}$) et, si $\lambda \in \Lambda$, M_λ la λ-base de L et g_λ la λ-projection de M_λ dans L_λ. Si ψ est une application *croissante de* A sur un *sous-ensemble fondamental* de Λ et si, pour tout $\alpha \in A$, φ_α est une *représentation continue* de G_α dans $L_{\psi(\alpha)}$ (resp. un *isomorphisme* de G_α *sur* $L_{\psi(\alpha)}$) telle que $\varphi_\beta(H_{\alpha\beta}) \subset M_{\psi(\alpha)\psi(\beta)}$ (resp. $\varphi_\beta(H_{\alpha\beta}) = M_{\psi(\alpha)\psi(\beta)}$) et $\varphi_\beta \circ f_{\beta\alpha} = g_{\psi(\beta)\psi(\alpha)} \circ \varphi_\alpha$ sur $H_{\alpha\beta}$ si $\alpha \prec \beta$, on dit que $(\varphi_\alpha)_{\alpha \in A}$ est une famille de représentations (resp. d'isomorphismes) ψ-*compatible* avec les cascades $(G_\alpha)_{\alpha \in A}$ et $(L_\lambda)_{\lambda \in \Lambda}$.

Théorème 1. — *Si* $(\varphi_\alpha)_{\alpha \in A}$ *est une famille de représentations* (*resp. d'isomorphismes*) ψ-*compatible avec les cascades* $(G_\alpha)_{\alpha \in A}$ *et* $(L_\lambda)_{\lambda \in \Lambda}$, *il existe une représentation continue* φ *de* G *dans* L (*resp. un isomorphisme* φ *de* G *sur* L) *et une seule telle que* $\varphi(H_\alpha) \subset M_{\psi(\alpha)}$ (*resp.* $\varphi(H_\alpha) = M_{\psi(\alpha)}$) et $\varphi_\alpha \circ f_\alpha = g_{\psi(\alpha)} \circ \varphi$ *sur* H_α, *pour tout* $\alpha \in A$.

2. On dit qu'une cascade de groupes *localement compacts* $(G_\alpha)_{\alpha \in A}$ (rel. à des $H_{\alpha\beta}$ et des $f_{\beta\alpha}$) est *propre* si chacune des $f_{\beta\alpha}$ est une application *propre* de $H_{\alpha\beta}$ dans G_β [2]. S'il en est ainsi, le groupe limite G de cette cascade est *localement compact* et chacune des β-projections est une application *propre*. Pour tout $\alpha \in A$, soient L_α un *sous-groupe fermé* de G_α et M_α un *sous-groupe distingué fermé* de L_α tels que $f_{\beta\alpha}(H_{\alpha\beta} \cap M_\alpha) = M_\beta \subset f_{\beta\alpha}(H_{\alpha\beta} \cap L_\alpha) \subset L_\beta$ si $\alpha \prec \beta$. Si $\alpha \prec \beta$, $((H_{\alpha\beta} \cap L_\alpha) M_\alpha)/M_\alpha$ est un sous-groupe *ouvert* de L_α/M_α et $f_{\beta\alpha}$ définit, par « *passage aux quotients* », une représentation *propre* $\tilde{f}_{\beta\alpha}$ de $((H_{\alpha\beta} \cap L_\alpha) M_\alpha)/M_\alpha$ dans L_β/M_β.

---

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 370-372.

(2) On dit qu'une application continue f d'un espace localement compact E dans un espace localement compact E′ est *propre* si l'image réciproque par f de tout sous-ensemble compact de E′ est un sous-ensemble compact de E. Pour qu'une *représentation* continue f d'un groupe localement compact G dans un groupe localement compact G′ soit *propre*, il faut et il suffit que f soit un *homomorphisme* et que l'image réciproque de l'élément neutre de G′ soit un sous-groupe compact de G. Cf. la condition (L_{IV}) de [L].

THÉORÈME 2. — $(L_\alpha/M_\alpha)_{\alpha\in A}$ *est une cascade propre de groupes localement compacts* [*rel. aux* $((H_{\alpha\beta}\cap L_\alpha)M_\alpha)/M_\alpha$ *et aux* $\bar{f}_{\beta\alpha}$] *dont le groupe limite est* L/M, $L=\bigcup_{\beta\in A}\bigcap_{\alpha\prec\beta}\overset{-1}{f_\alpha}(L_\alpha)$ *étant un sous-groupe fermé de* G *et* $M=\bigcup_{\beta\in A}\bigcap_{\alpha\prec\beta}\overset{-1}{f_\alpha}(M_\alpha)$ *un sous-groupe distingué fermé de* L.

Réciproquement, si L est un sous-groupe *fermé* de G et M un sous-groupe *distingué fermé* de L, pour tout $\alpha\in A$, $L_\alpha=f_\alpha(H_\alpha\cap L)$ et $M_\alpha=f_\alpha(H_\alpha\cap M)$ satisfont aux conditions du théorème 2 et L/M est le groupe limite de la cascade de groupes $(L_\alpha/M_\alpha)_{\alpha\in A}$. Ce résultat permet d'étudier, en particulier, la structure des sous-groupes et des groupes quotients de G ([3]).

THÉORÈME 3. — *Soient* G *un groupe localement compact,* φ *une représentation biunivoque et continue de* G *dans le groupe limite* L *d'une cascade de groupes séparés* $(L_\lambda)_{\lambda\in\Lambda}$ (*rel. à des* $M_{\lambda\mu}$ *et des* $g_{\mu\lambda}$). G *est alors le groupe limite d'une cascade propre de groupes localement compacts* $(G_\alpha)_{\alpha\in A}$ (*rel. à des* $H_{\alpha\beta}$ *et des* $f_{\beta\alpha}$) *telle que :*

a. Il existe une application croissante ψ *de* A *sur un sous-ensemble fondamental de* Λ *et une famille* $(\varphi_\alpha)_{\alpha\in A}$ *de représentations* ψ*-compatible avec les cascades* $(G_\alpha)_{\alpha\in A}$ *et* $(L_\lambda)_{\lambda\in\Lambda}$ *et la représentation de* G *dans* L *qu'elle définit* (d'après le théorème 1) *est* φ.

b. Pour tout $\alpha\in A$, *il existe un voisinage symétrique et compact* U *de l'élément neutre de* G, *contenu dans la* α*-base de* G ; *l'image* U_α *de* U *par la* α*-projection est un voisinage de l'élément neutre engendrant* G_α *et la restriction de* φ_α *à* U_α *est une application biunivoque* ([4]).

Dans une prochaine Note, nous donnerons diverses applications de ces résultats à l'étude de la structure des groupes localement compacts.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le cas irrégulier du problème de la dérivée oblique lorsque le nombre des variables est supérieur à deux.* Note de M. **Maurice Gevrey**.

Étant donné un domaine borné et ouvert Ω à m dimensions, la résolution des problèmes aux limites du type elliptique dans lesquels la condition donnée

---

([3]) Toutes les propriétés énoncées dans cette Note (jusqu'au théorème 3) restent vraies lorsqu'on remplace les mots « groupes topologiques », « sous-groupes », « représentations », « compact », « localement compact » respectivement par les mots « espaces vectoriels linéairement topologisés », « sous-espaces », « représentations linéaires », « linéairement compact », « localement linéairement compact » avec le sens donné à ces derniers dans *Algebraic Topology*, S. Lefschetz (*Amer. Math. Soc. Publ.*, XXVII, Chap. II, § 6).

([4]) Ce théorème est la clé de tous les résultats généraux sur la structure des groupes compacts, abéliens localement compacts, connexes et maximalement presque périodiques, donnés par A. Weil dans *L'Intégration dans les groupes topologiques* (*Act. Scient. et Ind.*, n° 869, §§ 25, 26 et 32).

sur la frontière S comporte une dérivée oblique (c'est-à-dire prise dans une direction l variant continûment et non identique à la conormale) n'a été effectuée, pour $m > 2$, que dans le cas *régulier* où l ne peut devenir tangente à S. Nous avons donné antérieurement une première méthode convenant à tous les cas pour $m = 2$, puis une seconde propre au cas régulier pour $m > 2$, l'une et l'autre n'utilisant pas les intégrales principales ([1]). Nous allons indiquer comment on peut modifier la seconde pour l'appliquer au cas général de l quelconque.

Pour les *fonctions harmoniques* notre procédé était basé sur l'emploi de l'intégrale $\mathfrak{U}_P^M = -\int_{\gamma_M}\left[\frac{\partial PQ^{2-m}}{\partial n}\right]_Q ds_Q$, l'indice Q signifiant que la dérivée est prise en Q suivant la direction n de la normale intérieure à S en M : $P(x_i)$ est un point de Ω et γ_M un vecteur issu de M, opposé à l et de longueur constante telle qu'il soit toujours extérieur à Ω; Q est un point courant de γ_M. Alors, si ρ est une fonction continue de M sur S, O un point de S et l_0 la direction oblique donnée en O, la dérivée $\partial I/\partial l_0$, prise en P, de l'intégrale $I = \int_S \mathfrak{U}_P^M \rho_M \, dS_M$ prend, lorsque P tend vers O, la valeur limite (σ_m^* aire de l'hypersphère unitaire)

$$I'_0 = \frac{1}{2}(m-2)\sigma_m^*\rho_0 + \int_S \frac{\partial U_0^M}{\partial l_0}\rho_M \, dS_M, \tag{1}$$

cette dernière intégrale ayant un sens si le champ des n et des l est höldérien. Cette formule permet de déterminer une fonction harmonique u, mise sous la forme I, satisfaisant sur S à une relation linéaire entre u et $\partial u/\partial l$ prise au sens limite; mais le procédé ne convient que si le produit scalaire $\mathbf{ln}$ des unitaires de l et n reste supérieur à un nombre positif.

Supposons maintenant que l puisse devenir tangente à S en des points constituant des multiplicités d'ordre $\leqq m-2$ et contenus dans un nombre fini de multiplicité d'ordre $m-1$ formant un ensemble S_1, de sorte que, pour les points de $S - S_1$, l ne sera pas tangente à S et nous définirons $\mathfrak{U}$ comme ci-dessus. Pour les points de S_1, γ_M sera un arc de longueur constante extérieur à Ω, tel que le champ des tangentes à l'ensemble des γ_M soit lipschitzien et que l'unitaire de la demi-tangente à γ_M en M soit $\varepsilon\mathbf{l}$, ε étant le signe de $-\mathbf{ln}$. Dans l'intégrale $\mathfrak{U}$ on remplacera le signe $-$ par ε et les discontinuités de ε ne pourront avoir lieu qu'en des points où, M variant sur S_1, l deviendra tangente (ce qui se produit, par exemple, pour $m = 3$ quand S_1 est le voisinage d'une ligne le long de laquelle l est tangente à S_1 et passe de l'intérieur à l'extérieur de Ω quand M traverse cette ligne). Si O est un point de S_1 et λ_i^0, μ_i, μ_i^0 les

---

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 206 et 854. S'y reporter pour les références à d'autres Auteurs.

cosinus directeurs de l_0 et des tangentes positives à γ_M en $Q(y_i)$ et O (avec $\lambda_i^0 = \varepsilon\mu_i^0$), on aura

$$\left[\frac{\partial I}{\partial l_0}\right]_P = \int_S \sum \lambda_i^0 \frac{\partial \mathcal{U}_P^M}{\partial x_i} \rho_M \, dS_M = \int_S \varepsilon \sum \mu_i \frac{\partial \mathcal{U}_P^M}{\partial x_i} \rho_M \, \partial S_M + \int_S \sum (\lambda_i^0 - \varepsilon\mu_i) \frac{\partial \mathcal{U}_P^M}{\partial x_i} \rho_M \, dS_M,$$

$$\varepsilon \sum \mu_i \frac{\partial \mathcal{U}_P^M}{\partial x_i} = -\int_{\gamma_M} \sum \mu_i \frac{\partial^2 PQ^{2-m}}{\partial n \, \partial y_i} ds_Q = -\int_{\gamma_M} d\, \frac{\partial P Q^{2-m}}{\partial n} = \frac{\partial P M^{2-m}}{\partial n} + \varphi_P^M,$$

φ étant une fonction continue indéfiniment dérivable en P dans $\Omega + S$. Donc $\partial \mathcal{U}/\partial l_0$ comprend un potentiel de double couche et une intégrale qui, puisque $\lambda_i^0 - \varepsilon\mu_i$ vaut $O(OQ)$, est comparable à $\int_S dS_M \int_{\gamma_M} PQ^{1-m} ds_Q$; celle-ci s'étudie à l'aide des intégrales J_μ introduites dans un Mémoire antérieur ([2]), ce qui permet d'établir le résultat suivant : H étant le point où la parallèle menée par Q à n_M coupe S et h la plus petite des longueurs QH pour tous les points Q tels que l'arc MQ ait la même valeur s, si l'intégrale $\int_{\gamma_M} \mathcal{C} h \, ds$ a un sens, $\partial I/\partial l_0$ a en O une valeur limite I'_0 de même forme que (1), *ce qui permet de résoudre le même problème aux limites.*

Nous pourrons ensuite le résoudre pour une équation *du type elliptique généralisé* et même pour un *système d'équations intégro-différentielles* par la méthode que nous avons donnée dans la seconde Note rappelée ci-dessus.

Le problème préliminaire consiste donc à déterminer la famille des γ_M. On pourra partager S_1 en domaines rapportés à des axes locaux dans lesquels Ox_1 sera la normale en un point O, puis prendre comme variables $x_2, \ldots, x_m$ et utiliser les courbes telles que les rapports dx_i/λ_i soient égaux. Ou bien, on construira des fonctions réduisant sur S_1 aux λ_i à l'aide d'intégrales I_μ du Mémoire cité (le champ des n et des l étant lipschitzien).

Nous n'avons pu aborder la question de l'*unicité*. Pour $m = 3$ par exemple, on sait que, si Ω est plongé dans une congruence $u(P) = \alpha$, $v(P) = \beta$, l étant tangente en chaque point M de S à la courbe de la congruence qui passe en M, le problème *homogène* pour les fonctions *harmoniques* peut admettre une infinité de solutions. D'autre part, si l n'est *jamais extérieure*, on peut trouver des critères analogues à ceux que nous avons donné pour l'équation générale du type elliptique quand l est la conormale ([3]).

([2]) *Annales de l'École Normale*, 52, 1935, p. 61.

([3]) BOULIGAND, etc., *Problème de la dérivée oblique*, Paris, 1934, p. 14 et 72; GEVREY, *Journal de Math.*, 9, 1930, p. 74, ainsi que le Mémoire ci-dessus, p. 103, en Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Réduction d'une forme quadratique dans le groupe canonique linéaire.* Note [1] de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Joseph Pérès.

1° Soit $H(q_1, \ldots, q_n, p_1, \ldots, p_n)$ un hamiltonien homogène quadratique. Les solutions des équations de la mécanique sont alors de la forme

$$S_\lambda\, q_k = Q_k(t)e^{\lambda t}, \qquad p_k = P_k(t)e^{\lambda t},$$

où les Q_k et les P_k sont des polynomes et λ racine de l'équation caractéristique. Lorsque cette équation a ses racines distinctes, la réduction de H par une transformation canonique a été effectuée par Hamilton, qui trouve pour réduite

$$H = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i p_i q_i.$$

Je me suis proposé d'obtenir une réduite de H lorsque l'équation caractéristique a des racines multiples.

2° Si $S(q, p)$ et $S'(q', p')$ sont deux solutions, la quantité

$$[S \times S'] = \sum_{k=1}^{n} (q_k p'_k - q'_k p_k)$$

est constante. J'appelle congrues deux solutions pour lesquelles cette constante est nulle et conjuguées deux solutions pour lesquelles elle est différente de zéro.

Afin de simplifier l'écriture, je considère un hamiltonien dont l'équation caractéristique n'a que quatre racines λ, $-\lambda$, λ' et $-\lambda'$ d'ordres respectifs n_1 et $n - n_1$. Je montre que, par changement canonique de variables, H se décompose en une somme de deux hamiltoniens

$$H = H_1(q_1 \ldots q_{n_1}, p_1 \ldots p_{n_1}) + H_2(q_{n_1+1} \ldots q_n, p_{n_1+1} \ldots p_n),$$

où l'équation caractéristique de H_1 admet les seules racines λ et $-\lambda$ à l'ordre n_1 et celle de H_2, les racines λ' et $-\lambda'$ à l'ordre $n - n_1$.

Pour cela, je substitue à un système de solutions

$$S_\lambda^{(i)}, \quad S_{-\lambda}^{(i)} \quad (i = 1, 2, \ldots n_1); \qquad S_{\lambda'}^{(i')}, \quad S_{-\lambda'}^{(i')} \quad (i' = 1, 2, \ldots, n - n_1),$$

un nouveau système fonction linéaire du premier, tel que

$$[S_\lambda^{(i)} \times S_\lambda^{(j)}] = 0, \qquad [S_{-\lambda}^{(i)} \times S_{-\lambda}^{(j)}] = 0,$$
$$[S_\lambda^{(i)} \times S_{-\lambda}^{(j)}] = \varepsilon_{ij}, \qquad [S_\lambda^{(i)} \times S_{\lambda'}^{(i')}] = 0,$$
$$[S_\lambda^{(i)} \times S_{-\lambda'}^{(i')}] = 0.$$

Les mêmes identités étant valables en échangeant λ et λ', et j'utilise les

(1) Séance du 10 décembre 1947.

termes constants des polynomes Q et P qui figurent dans ces solutions comme coefficients de la transformation réductrice.

3° La méthode précédente s'étend avec une légère modification au cas où une racine de l'équation caractéristique est nulle.

4° Il reste à traiter de la réduction de H lorsque l'équation caractéristique admet seulement deux racines opposées de même ordre.

Je considère dans ce but ce que j'appelle les groupes de solutions qui sont de la forme

$$S_\lambda^{(m)} \begin{cases} q_k = Q_k e^{\lambda t}, \\ p_k = P_k e^{\lambda t}, \end{cases}$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$S_\lambda^{(m-i)} \begin{cases} q_k = \dfrac{d^{m-i} Q_k}{dt^{m-i}} e^{\lambda t}, \\ p_k = \dfrac{d^{m-i} P_k}{dt^{m-i}} e^{\lambda t}, \end{cases}$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$S_\lambda^0 \begin{cases} q_k = \dfrac{d^m Q_k}{dt^m} e^{\lambda t}, \\ p_k = \dfrac{d^m P_k}{dt^m} e^{\lambda t}, \end{cases}$$

les Q_k et P_k étant de degrés maxima m.

$S_\lambda^{(m)}$ est dite solution maximum et $S_\lambda^{(0)}$ solution minimum.

Une solution minimum correspondant à λ ne peut être conjuguée qu'à une solution maximum correspondant à $-\lambda$.

A chaque groupe $S_\lambda^{(i)}$ correspond un groupe $S_{-\lambda}^{(i)}$ de même nombre m de solutions et, par transformation linéaire, on remplace ces groupes par de nouveaux groupes tels que

$$[S_\lambda^i \times S_\lambda^j] = \varepsilon_{i,m-j},$$

les solutions de deux autres groupes différents étant congrues avec les précédentes.

J'utilise les termes constants des polynomes qui figurent en facteurs dans ces solutions comme coefficients de la transformation qui réduit H à une somme d'hamiltoniens de la forme

$$\lambda \sum_{i=1}^{m} q_i p_i + \sum_{k=1}^{m-1} q_k p_{k+1}.$$

Telle est la réduite cherchée.

5° Cette réduction permet d'établir le théorème :

Tout hamiltonien quadratique est en involution avec n autres hamiltoniens

quadratiques réductibles aux formes :

$$f_0=\sum_{i=1}^{m} q_i p_i, \quad f_1=\sum_{i=1}^{m-1} q_i p_{i+1}, \quad \ldots,$$

$$f_h=\sum_{i=1}^{m-h} q_i p_{i+h}, \quad \ldots, \quad f_{m-1}=q_1 p_m.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le rapport entre les systèmes de postulats caractérisant les valeurs moyennes quasi arithmétiques symétriques.* Note de M. **Jean Horváth**, présentée par M. Paul Montel.

Dans cette Note, je me propose de montrer que le théorème récent de M. J. Aczél ([1]) caractérisant les fonctions $m(x_1, x_2)$ de la forme

$$m(x_1, x_2)=f^{-1}\left(\frac{f(x_1)+f(x_2)}{2}\right),$$

où $f(x)$ est une fonction continue et croissante au sens restreint et $f^{-1}(y)$ sa fonction inverse, peut être déduit d'une légère modification du théorème de Kolmogoroff-Nagumo ([2]). Cette démonstration ne met pas seulement en évidence le rapport entre les deux systèmes de postulats, mais est en même temps plus simple que celle donnée par l'auteur.

Théorème I (Kolmogoroff-Nagumo). — *Considérons une suite illimitée de fonctions*

$$m(x_1, x_2), \quad m(x_1, x_2, x_3, x_4), \quad \ldots, \quad m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}), \quad \ldots$$

à 2^n variables ($n=1, 2, 3, \ldots$), définies dans l'intervalle $a \leq x_i \leq b$, qui satisfont aux conditions suivantes :

a. $m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^n})$ *est symétrique par rapport à ses variables ;*

b. $m(x, x, \ldots, x)=x;$

c. si $x_1 < x'_1$, $m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}) < m(x'_1, x_2, \ldots, x_{2^n});$

d. $\lim_\nu m(x_1^{(\nu)}, x_2^{(\nu)}, \ldots, x_{2^n}^{(\nu)}) = m\left(\lim_\nu x_1^{(\nu)}, \lim_\nu x_2^{(\nu)}, \ldots, \lim_\nu x_{2^n}^{(\nu)}\right);$

e. $m(x_1, \ldots, x_{2^k}, x_{2^k+1}, \ldots, x_{2^n}) = m(m_k, \ldots, m_k, \ldots, x_{2^k+1}, x_{2^n})$

où

$$m_k=m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^k}) \quad (0 \leq k \leq n).$$

Il existe une fonction $f(x)$, définie dans l'intervalle $a \leq x \leq b$, continue et

---

([1]) *The notion of mean values* (*Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab Forhandlinger*, **19**, 1946, p. 83-86).

([2]) Kolmogoroff, *Sur la notion de la moyenne* (*Atti dei Lincei*, (6), **12**, 1930, p. 388-391); Nagumo, *Ueber eine Klasse von Mittelwerte* (*Jap. Journ. of Math.*, **7**, 1930, p. 71-79).

croissante au sens restreint, permettant d'écrire

$$m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}) = f^{-1}\left(\frac{f(x_1)+f(x_2)+\ldots+f(x_{2^n})}{2^n}\right). \tag{1}$$

Démonstration. — Définissons la fonction $\varphi(y)$ sur les points dyadiques de l'intervalle $0 \leq y \leq 1$ en posant

$$\varphi\left(\frac{p}{2^n}\right) = m(\underbrace{a, a, \ldots, a}_{(2^n-p)\text{ fois}}, \underbrace{b, b, \ldots, b}_{p\text{ fois}}) \qquad [\varphi(0)=a,\ \varphi(1)=b)].$$

On voit sans peine que $\varphi(y)$ est continue, croissante au sens restreint et qu'elle satisfait à l'équation fonctionnelle

$$\varphi\left(\frac{u_1+u_2+\ldots+u_{2^n}}{2^n}\right) = m(\varphi(u_1), \varphi(u_2), \ldots, \varphi(u_{2^n})).$$

Étendant la définition de $\varphi(y)$ d'une manière évidente sur tout l'intervalle $0 \leq y \leq 1$ on obtient la fonction inverse de la fonction cherchée $f(x)$.

THÉORÈME 2. — (Aczél). *Considérons la fonction $m(x_1, x_2)$ définie dans l'intervalle $a \leq x_1, x_2 \leq b$ et satisfaisant aux conditions suivantes :*

A. $m(x_1, x_2) = m(x_2, x_1)$;
B. $m(x, x) = x$;
C. si $x_1 < x'_1$, $m(x_1, x_2) < m(x'_1, x_2)$;
D. $\lim_{\nu} m(x_1^{(\nu)}, x_2^{(\nu)}) = m(\lim_{\nu} x_1^{(\nu)}, \lim_{\nu} x_2^{(\nu)})$;
E. $m(m(x_1, x_2), m(x_3, x_4)) = m(m(x_1, x_3), m(x_2, x_4))$.

Il existe une fonction $f(x)$ définie dans $a \leq x \leq b$, continue et croissante au sens restreint, permettant d'écrire

$$m(x_1, x_2) = f^{-1}\left(\frac{f(x_1)+f(x_2)}{2}\right).$$

Démonstration. — Définissons une suite illimitée de fonctions à 2^n variables ($n = 1, 2, 3, \ldots$) en posant

$$m(x_1, x_2) = m(x_1, x_2),$$
$$m(x_1, x_2, x_3, x_4) = m(m(x_1, x_2), m(x_3, x_4)),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$m(x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}) = m(m(\ldots, m)(m(x_1, x_2), m(x_3, x_4)), \ldots),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

On voit aisément que cette suite satisfait aux conditions $a, \ldots, e$ du théorème 1, ce qui démontre le théorème.

TOPOLOGIE. — *Sur l'existence de certains champs tensoriels sur les sphères à n dimensions.* Note de M. **Adrian Kirchhoff**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Une transformation linéaire de l'espace vectoriel réel R^n à n dimensions est dite *du type* J si elle ne possède pas de valeur propre réelle. Les transformations de ce type ne sont jamais singulières et elles n'existent que si n est pair.

Soit V^n une variété différentiable et orientable, à n dimensions.

Considérons un champ continu de tenseurs mixtes de seconde espèce a^j_k, défini sur V^n; en tout point $p \in V^n$ le tenseur définit une transformation linéaire de l'espace R^n_p des vecteurs tangents à V^n en p. S'il existe un champ a^j_k tel que toutes ces transformations soient du type J, nous dirons que la variété V^n est du type J; dans ce cas, $n = 2m$.

Nous allons montrer (n° 4) que pour une infinité de nombres $n = 2m$ les sphères S^n ne sont pas du type J.

2. La notion de variété du type J a été introduite récemment par M. H. Hopf au cours de ses recherches sur les variétés complexes. V^{2m} est dite complexe si l'on peut recouvrir V^{2m} par des systèmes de coordonnées locaux complexes $(z_1, \ldots, z_m)$, etc., de telle façon que le passage d'un de ces systèmes à l'autre dans un domaine commun d'existence soit défini par des fonctions analytiques de variables complexes. En multipliant par i les composantes complexes des vecteurs tangents à V^{2m}, on définit dans les espaces R^{2m}_p des tranformations du type J; ainsi les variétés complexes sont du type J. Toute surface orientable V^2 est une variété complexe.

M. Hopf a montré qu'il y a une infinité de variétés orientables V^{2m} qui ne sont pas du type J, donc non complexes; parmi ces variétés figurent les sphères S^4 et S^8; pour les autres sphères, la méthode de M. Hopf n'a pas donné de résultat (1).

3. Soit $\mathfrak{L}_k$ le groupe des transformations linéaires et non singulières de l'espace réel R^k. Pour deux vecteurs e, x, non nuls, de R^k il y a toujours une infinité de transformations $L \in \mathfrak{L}_k$ telles que $Le = x$. On peut se demander si $\mathfrak{L}_k$ contient une famille $\{L_x\}$ *simplement transitive* telle que, e étant fixe, on ait $L_x e = x$ pour tout x, L_x étant une fonction continue de x.

De telles familles simplement transitives existent dans $\mathfrak{L}_k$ pour $k = 2, 4, 8$; on les trouve facilement en interprétant les vecteurs de ces espaces R^k comme

---

(1) Voir le travail de M. H. Hopf (*Zur Topologie der komplexen Mannigfaltigkeiten*) qui sera publié prochainement. Dans une conférence tenue au *Colloque sur la Topologie algébrique* (Paris, juin-juillet 1947) sous le titre *Sur les champs d'éléments de surface dans les variétés à 4 dimensions*, M. Hopf a déjà communiqué les résultats exposés au n° 5 mais sans mentionner explicitement la notion de variété du type J.

nombres complexes, quaternions ou nombres de Cayley. On ne connaît pas de familles analogues pour d'autres valeurs de k. L'énoncé suivant est simple à vérifier : si $\mathfrak{L}_k$ contient une famille simplement transitive, la sphère S^{k-1} admet un parallélisme; autrement dit : il existe $k-1$ champs vectoriels tangents à S^{k-1} tels que les vecteurs sont indépendants en chaque point. Or les travaux de M. B. Eckmann [2] et de M. G. Whitehead [3] ont montré que la condition suivante est nécessaire à l'existence d'un parallélisme sur S^{k-1} : $k-1=1$ ou $k-1=3$ ou $k=1\equiv(\text{mod } 8)$. Donc, si $\mathfrak{L}_k$ contient une famille continue et simplement transitive et si $k>4$, on a nécessairement $k=8q$.

Théorème 4. — *Si la sphère S^n est une variété du type J, le groupe $\mathfrak{L}_{n+2}$ contient une famille continue et simplement transitive.*

En joignant ce théorème aux remarques faites sous 3 et 2, on obtient les deux propositions suivantes :

Corollaire I. — *Si $n>2$ et $n\neq 8r+6$, la sphère S^n n'est pas du type* J.

Corollaire II. — *Si $n>2$ et $n\neq 8r+6$, la sphère S^n n'est pas une variété complexe.*

5. *Démonstration du théorème.* — Supposons l'espace vectoriel R^{n+2} pourvu d'une métrique euclidienne; R^{n+1}, un sous-espace de R^{n+2}; e, le vecteur unitaire normal à R^{n+1}; S^n, la sphère formée des vecteurs y_1 de longueur l dans R^{n+1}; $R^n_{y_1}$, le sous-espace de R^{n+1}, perpendiculaire à y_1. Puisque S^n est du type J, il existe pour tout y_1 une transformation linéaire f_{y_1} de $R^n_{y_1}$ du type J et dépendant de y_1 d'une manière continue. Nous entendons par L_{y_1} la transformation linéaire de R^{n+2} qui est définie par les conditions suivantes : $L_{y_1}e=y_1$, $L_{y_1}y_1=-e$, $L_{y_1}z=f_{y_1}z$ pour $z\in R^n_{y_1}$; posons encore $L_y=\alpha L_{y_1}$, où $y_1\in R^{n+1}$, $y=\alpha y_1$, $\alpha\geq 0$, y_1 de longueur l. Ces transformations L_y sont, pour $y\neq 0$, du type J et l'on a $L_y e=y$ pour tout $y\in R^{n+1}$. Soit maintenant x un vecteur arbitraire de R^{n+2}; nous le décomposons en $x=\lambda e+y$, $y\in R^{n+1}$, et définissons $L_x=\lambda E+L_y$, où E désigne la transformation identique de R^{n+2}. Comme L_y est du type J(pour $y\neq 0$), L_x n'est pas singulière (pour $x\neq 0$); on a $L_x e=\lambda e+y=x$, et les L_x sont des fonctions continues de x; donc, L_{n+2} contient une famille simplement transitive.

6. La réciproque de notre théorème est-elle vraie pour des $n>2$? Sauf dans le cas où $n=6$, nous ne pouvons donner de réponse.

S^6 *est une variété du type* J. — Cet énoncé est un cas particulier d'un théorème général de M. Ch. Ehresmann relatif aux variétés V^6 [4]. On peut le vérifier en construisant explicitement un champ tensoriel a^j_k convenable sur S^6;

---

(2) *Comm. math. helv.*, 15, 1942, p. 1-26.

(3) *Annals of Math.*, 43 1942, p. 61-64 et 47, 1946, p. 779-785.

(4) Voir le résumé de la conférence de M. Ch. Ehresmann *Sur la théorie des espaces fibrés,* faite au Colloque cité Note (3).

on interprétera, pour cette construction, les points de la sphère S^6 comme les nombres de Cayley purement imaginaires et de module 1. Cependant nous ne savons pas si S^6 est une variété complexe.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une sphère associée au tétraèdre.*
Note de M. **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

Notations. — Dans un tétraèdre quelconque $T \equiv ABCD$ inscrit dans une sphère (O), soient A', B', C', D' les pieds des hauteurs AA', BB', CC', DD' qui percent la sphère (O) en A_1, B_1, C_1, D_1; G le centre de gravité; M le point de Monge; K le *premier* point de Lemoine.

1. Théorème. — *Le tétraèdre* $t \equiv M_a M_b M_c M_d$ *dont les sommets coïncident avec les points de Monge des tétraèdres* $T_a \equiv A_1 BCD$, $T_b \equiv B_1 CDA$, $T_c \equiv C_1 DAB$, $T_d \equiv D_1 ABC$ *est le transformé du tétraèdre podaire, dans le tétraèdre* T, *du centre* O_{12} *de la sphère des douze points de celui-ci, par l'homothétie* (G, 3).

Les points M, M_a, M_b, M_c, M_d étant les transformés des centres de gravité des tétraèdres T, T_a, T_b, T_c, T_d par l'homothétie (O, 2), les droites MM_a, MM_b MM_c, MM_d sont normales aux plans BCD, CDA, DAB, ABC. De plus, les distances de M aux mêmes plans des faces de T sont égales à [1]

$$\frac{1}{2}A'A_1,\quad \frac{1}{2}B'B_1,\quad \frac{1}{2}C'C_1,\quad \frac{1}{2}D'D_1,$$

et les distances de M_a au plan BCD, de M_b au plan CDA, de M_c au plan DAB, de M_d au plan ABC, à

$$\frac{1}{2}A'A,\quad \frac{1}{2}B'B,\quad \frac{1}{2}C'C,\quad \frac{1}{2}D'D;$$

de sorte que

$$MM_a = \frac{1}{2}AA_1,\qquad MM_b = \frac{1}{2}BB_1,\qquad MM_c = \frac{1}{2}CC_1;\qquad MM_d = \frac{1}{2}DD_1.$$

Or, les distances du point O_{12} aux plans des faces de T sont

$$\frac{1}{6}AA_1,\quad \frac{1}{6}BB_1\quad \frac{1}{6}CC_1,\quad \frac{1}{6}DD_1,$$

et le théorème est démontré.

Corollaire I. — *Les tétraèdres* T, *t sont orthologiques, les centres d'orthologie étant le point* M *de Monge et le conjugué isogonal* O'_{12}, *dans le tétraèdre fondamental, du centre* O_{12} *de la sphère des douze points de* T.

Corollaire II. — *Dans un tétraèdre* T, *le premier point de Lemoine* K *se confond avec le centre des moyennes distances des projections orthogonales* A_2, B_2, C_2, D_2 *des points de Monge des tétraèdres* T_a, T_b, T_c, T_d *sur les hauteurs* AA',

---

(1) Cf. V. Thébault, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 262.

BB', CC', DD', *affectées de masses proportionnelles aux carrés des aires des faces.*

Car les points A_2, B_2, C_2, D_2 divisent les hauteurs dans le même rapport (²)

$$A_2A : A_2A' = B_2B : B_2B' = C_2C : C_2C' = D_2D : D_2D' = 3.$$

2. SPHÈRE REMARQUABLE. — THÉORÈME. — *La sphère circonscrite au tétraèdre t se confond avec la sphère podaire, dans le tétraèdre anticomplémentaire* T_1 *de* T, *du point* M *de* MONGE. *Son centre* O' *est aligné sur le centre* O *de la sphère* (O) *et sur le conjugué isogonal* O'_{12}, *dans le tétraèdre fondamental, du centre* O_{12} *de la sphère des douze points de celui-ci, et partage la distance* OO'_{12} *dans le rapport de* 2 *à* 1.

En effet, la sphère podaire de M dans T_1 est la transformée de la sphère (O') par l'homothétie (G, 3). Ensuite, O_{12} partage OG dans le rapport 4:1 et le centre ω de la sphère podaire de O_{12} dans T divise GO' dans le rapport 1:2. Le théorème de Menelaüs, appliqué au triangle $G\omega O_{12}$ et à la transversale $O'O'_{12}$, puis au triangle GOO' et à la transversale $O_{12}\omega$, achève la démonstration.

N. B. — Si O_{12} est sur la surface cubique de Cayley (C), *la sphère* (O') *se réduit à un plan* (π) *transformé, par l'homothétie* (G, 3) *du plan de Simson de* O_{12} *dans* T, *et ce plan* (π) *partage les segments équipollents aux hauteurs de* T *menés par le point* M *dans le rapport de* 3 *à* 1 (³).

3. TÉTRAÈDRE ORTHOCENTRIQUE. — THÉORÈME. — *Dans un tétraèdre orthocentrique* T, *le centre des moyennes distances des orthocentres des tétraèdres* T_a, T_b, T_c, T_d *affectés de masses proportionnelles aux carrés des aires des faces correspondantes de* T, *coïncide avec le* premier *point de Lemoine* K.

THÉORÈME. — *Dans un tétraèdre orthocentrique* T, *si le centre de la* seconde *sphère des douze points est sur la surface* (C), *les orthocentres de* T_a, T_b, T_c, T_d *sont dans le plan de Simson, pour* T_1, *d'un des points de rencontre de* OG *avec la surface de Cayley de* T_1 *et ce plan passe par les points qui divisent les hauteurs de* T *dans le rapport de* 3 *à* 1 *et par le* premier *point de Lemoine* K.

D'une manière générale : *les plans polaires, par rapport au tétraèdre fondamental, des points de la surface de* CAYLEY (C) *passent par le* premier *point de* LEMOINE K *et réciproquement.*

Note. — D'après ce qui précède on a aussi cette proposition :

THÉORÈME. — *Dans un tétraèdre quelconque* T, *il existe trois plans qui divisent les hauteurs dans le même rapport* (⁴). *Ces plans concourent au* premier *point de Lemoine* K.

Ainsi, il y a analogie complète dans le triangle et le tétraèdre.

(²) Cf. V. THÉBAULT, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 419.

(³) *Ibid., loc. cit.*, **218**, 1944, p. 263.

(⁴) R. DEAUX, *Mathesis*, **46**, 1932, p. 149.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une transformation de contact.*
Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

I. Considérons la transformation de contact $\mathfrak{T}(O_1, O_2, \vec{I}_1, \vec{I}_2)$ que nous avons étudiée et employée notamment dans une Note récente [1]. Soient $\mathfrak{S}$ le système de vecteurs *rotations* constitué par $-\vec{I}_1$ lié à O_1, $\vec{I}_2$ lié à O_2 et un couple de moment égal à $\overrightarrow{O_1O_2}$; $\vec{M}$ le moment résultant de $\mathfrak{S}$ en un point quelconque O; R son *axe central*, parallèle à $\vec{I}_2 - \vec{I}_1$; $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$ les vecteurs $\overrightarrow{OO_1} - \vec{I}_1 \wedge \overrightarrow{OO_1}$ et $\overrightarrow{OO_2} - \vec{I}_2 \wedge \overrightarrow{OO_2}$, avec $\vec{V}_2 - \vec{V}_1 = \vec{M}$; (a, ϖ) et (A, Π) un élément de contact et son transformé; $\vec{n}$ un vecteur unitaire perpendiculaire à ϖ. Si $\nu_1 = \vec{I}_1 . \vec{n}$, $\nu_2 = \vec{I}_2 . \vec{n}$, on a

$$(1)\qquad (\nu_2 - \nu_1)\overrightarrow{OA} = \nu_2 \vec{V}_1 - \nu_1 \vec{V}_2 + \left(\nu_2 \vec{I}_1 - \nu_1 \vec{I}_2\right) \wedge \overrightarrow{Oa}.$$

La vitesse d'un point quelconque sous l'effet de $\mathfrak{S}$ est perpendiculaire à toutes les droites qui passent par ce point et qui appartiennent à un *complexe linéaire* Γ. R est l'*axe* de Γ. Prenons un trièdre trirectangle d'axes, dont l'origine est un *point quelconque*, O' *de* R, dont l'axe $O'z$ est placé sur R et dont le plan $zO'x$ est parallèle à $\vec{I}_1$ et $\vec{I}_2$. Les axes Ox, Oy, Oz du paragraphe II de la Note précitée sont respectivement parallèles aux axes $O'y$, $O'z$, $O'x$ actuels. $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{M}$ seront désormais relatifs à O'. Soient α_1, o, γ_1 et $\alpha_2 = \alpha_1$, o, γ_2 les composantes de $\vec{I}_1$ et de $\vec{I}_2$; o, o, ν et λ', μ', ν' celles de $\vec{M}/(\gamma_2 - \gamma_1)$ et de $\left(\gamma_1 \vec{V}_2 - \gamma_2 \vec{V}_1\right)/(\gamma_2 - \gamma_1)$; x, y, z, p, q et X, Y, Z, P, Q les coordonnées de (a, ϖ) et de (A, Π). On a les équations de $\mathfrak{T}$ sous la nouvelle forme

$$(2)\qquad X + \lambda' = -\alpha_1 py, \qquad Y + \mu' = \alpha_1(-z + px), \qquad Z + \nu' = \alpha_1(y + \nu p);$$

$$(3)\qquad P = -\frac{x + \nu q}{px + qy}, \qquad Q = \frac{-y + \nu p}{px + qy}.$$

Soit $\mathfrak{T}_0$ la transformation définie, par rapport aux mêmes axes, par

$$(4)\qquad X = -py, \qquad Y = -z + px, \qquad Z = y + \nu p,$$

et par les équations (3). $\mathfrak{T}_0$ correspond à un ensemble de groupes d'éléments fondamentaux pour lesquels, notamment, $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$. $\mathfrak{T}$ est équivalente à $\mathfrak{T}_0$ suivie de l'*homothétie* (O', α_1) et de la *translation* $(-\lambda', -\mu', -\nu')$.

II. Si $\nu = 0$, $\mathfrak{T}_0$ est à centre *unique* O'. Γ est alors formé par les droites rencontrant R. *Deux cas* sont à distinguer : 1° $\mathfrak{T}$ est à centre unique; R est la

---

[1] *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1055.

droite passant par ce centre et parallèle à $\vec{I}_2 - \vec{I}_1$; 2° $\mathfrak{T}$ est une transformation appelée $\mathfrak{T}_1$ dans la Note précitée; de même que dans le cas précédent, $\vec{M} \doteq 0$ en tout point de R; comme O′ est ici un point *quelconque* de R, on peut étendre aisément une remarque antérieure relative à $\mathfrak{T}_1$ et à $\mathfrak{T}_1^{-1}$. Il ne sera question dans la suite que du cas général $\nu \neq 0$.

III. A(a, ϖ), $\mathfrak{T}$ fait correspondre (A, Π) et, à ce dernier, $\mathfrak{T}^{-1}$ fait correspondre, en plus de (a, ϖ), un second élément de contact (a', ϖ'). a et a' sont respectivement les *pôles de* ϖ' *et de* ϖ *par rapport à* Γ. La droite aa' est l'intersection de ϖ et de ϖ'; elle est *perpendiculaire à* Π et *appartient à* Γ. Le symétrique de a (ou de a') par rapport à une droite quelconque perpendiculaire à R et rencontrant cet axe est le *pôle* de ϖ' (ou de ϖ) par rapport à un *paraboloïde hyperbolique*, variable avec la droite. Le point qu'on obtient en prenant le symétrique de a (ou de a') par rapport à O′, puis en faisant tourner ce symétrique de $+\pi/2$ autour de O′z, est le *pôle* de ϖ' (ou de ϖ) par rapport à un *paraboloïde de révolution* autour de O′z.

Soient Δ et Δ′ les deux droites que définissent les deux équations directrices de $\mathfrak{T}$ quand on y regarde x, y, z comme donnés et égaux d'abord aux coordonnées de a puis à celles de a'. Ces droites passent par A et sont situées dans Π. *Δ est perpendiculaire à* ϖ', *et* Δ′, *à* ϖ.

Soient δ et δ' les deux droites que définissent les équations directrices quand on y regarde X, Y, Z comme donnés et égaux aux coordonnées de A. Ces droites sont respectivement les intersections de ϖ et de ϖ' par des plans parallèles à zO′x et passant l'un par a, l'autre par a'. δ *et* δ' *sont conjuguées par rapport à* Γ. Toute droite rencontrant δ et δ' et perpendiculaire à R rencontre R.

En général, $\mathfrak{T}$ fait correspondre à une surface s une autre surface S et $\mathfrak{T}^{-1}$, appliquée à S, donne ensuite s et une autre surface s'. Les relations entre s et s' se déduisent de celles qui ont été indiquées pour (a, ϖ) et (a', ϖ'). s et s' sont, en particulier, *polaires réciproques* par rapport à Γ.

Soit a_1 le point pour lequel $(\gamma_2 - \gamma_1)\overrightarrow{Oa_1}$, avec O fixe quelconque, est équipollent à la vitesse de a sous l'effet de $\mathfrak{S}$. Quel que soit a, le point correspondant a_1 est situé dans un même plan s_1 perpendiculaire à R. On a ainsi une correspondance avec orthogonalité des éléments linéaires des surfaces s et s_1. Pour celle-ci la surface (Σ) de la théorie des 12 *surfaces* est s'. La droite Oa_1 est perpendiculaire à ϖ'. Remarques analogues pour s', s_1.

IV. Considérons un autre trièdre trirectangle O$\bar{x}\bar{y}\bar{z}$, quelconque et la *transformation de Lie*, T, correspondante. La droite O$\bar{x}$ est l'axe du complexe linéaire $\bar{\Gamma}$ qui intervient dans ce cas. Partant de (a, ϖ), nous obtenons, par TT^{-1}, (a, ϖ) et un autre élément de contact (a'', ϖ''), de même que, par $\mathfrak{T}\mathfrak{T}^{-1}$, nous obtenons ($a$, ϖ) et (a', ϖ'). La droite $a'a''$ appartient à Γ et à $\bar{\Gamma}$. a' et a'' sont en relation *homographique*. Lorsque O$\bar{x}$ est parallèle à R, cette

relation est une *affinité*; *a'a''* *rencontre alors une droite fixe*, Φ, parallèle à R; si B, φ sont les intersections des droites $O\bar{x}$ et Φ par $xO'y$ et b', b'', les projections de a' et a'' sur ce plan, on a

$$\overrightarrow{O'\varphi} = \nu \overrightarrow{B\varphi}, \qquad \overrightarrow{O'b'} = \nu \overrightarrow{Bb''}. \tag{5}$$

Lorsque $O\bar{x}$ est placé sur R et que $\nu = 1$, Γ et $\bar{\Gamma}$ sont *confondus*. Il en est de même de (a', ϖ') et de (a'', ϖ''), quel que soit (a, ϖ).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur quelques problèmes posés par la détermination des spectres de puissance ou d'énergie des grandeurs aléatoires.* Note de M. **André Blanc-Lapierre**.

Soit $X(t)$ une fonction aléatoire réelle ou complexe du paramètre t [l'espérance mathématique $\overline{X(t)}$ est supposée identiquement nulle]. $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{F}_2$ seront deux filtres linéaires (1) de gains $G_1(\nu)$ et $G_2(\nu)$ et $Y_1(t)$ et $Y_2(t)$ les transformées de $X(t)$ dans $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{F}_2$. J'ai étudié (2) dans une Note antérieure à laquelle je renvoie pour les notations, les limites pour $T = \infty$ des grandeurs certaines

$$A(T, \tau) = \frac{1}{2T}\int_{-T}^{+T} \overline{Y_1(t) Y_2^{\star}(t-\tau)}\, dt; \qquad B(T, \tau) = \int_{-T}^{+T} \overline{Y_1(t) Y_2^{\star}(t-\tau)}\, dt. \tag{7}$$

Cette étude a conduit aux spectres de la puissance π ou de l'énergie totale ζ (2). Je vais la compléter en précisant les propriétés asymptotiques de certaines grandeurs aléatoires.

I. *Résultats relatifs à la puissance. Hypothèses.* — $X(t)$ est une fonction $\Phi_{(4)}$ (3). G_1 et G_2 sont uniformément bornés et satisfont à des conditions de continuité de Lipschitz. $x(\nu)$, $Z_T(t, \tau)$, $\Sigma(\mu)$ et $\mathcal{L}(\tau)$ sont des fonctions aléatoires telles que

$$X(t) = \underset{\text{mq}}{\int_{-\infty}^{+\infty}} e^{2\pi i \nu t}\, dx(\nu) \quad (4), \tag{8}$$

$$Z_T(t, \tau) = \frac{1}{T} \underset{\text{mq}}{\int_{t-T}^{t}} Y_1(\theta) Y_2^{\star}(\theta - \tau)\, d\theta, \tag{9}$$

$$\sum(\mu) = \begin{cases} 0 & \text{pour } \mu \leq 0 \\ \displaystyle\int_{\substack{|\nu_1 - \nu_2| < \mu \\ |\nu'_1 - \nu'_2| < \mu}} \left| \overline{dx(\nu_1)\, dx^{\star}(\nu_2)\, dx^{\star}(\nu'_1)\, dx(\nu'_2)} \right| & \text{pour } \mu > 0, \end{cases} \tag{10}$$

$$\mathcal{L}(\tau) = \underset{\text{mq}}{\int_{-\infty}^{+\infty}} G_1(\nu) G_2^{\star}(\nu)\, e^{2\pi i \nu \tau}\, |dx(\nu)|^2. \tag{11}$$

---

(1) A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 467.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 982.

(3) A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Comptes rendus*, **225**, p. 1117.

(4) M. Loève, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 295.

THÉORÈME III. — 1° *Pour t et τ fixés quelconques, $Z_T(t, \tau)$ converge en moyenne quadratique vers $\mathcal{L}(\tau)$ lorsque* $T \to \infty$.

2° *La condition nécessaire et suffisante pour que, $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{F}_2$ étant deux filtres quelconques, la limite $\mathcal{L}(\tau)$ soit presque sûrement égale à $\overline{\mathcal{L}(\tau)}$ est que, $\mathcal{D}$ étant un domaine quelconque du plan $\nu \times \nu'$, on ait*

$$(12)\qquad \int_{\mathcal{D}} \overline{\left[|dx^2(\nu)| - \overline{|dx^2(\nu)|}\right]\left[|dx^2(\nu')| - \overline{|dx^2(\nu')|}\right]} = 0.$$

3° *Si l'on peut trouver un nombre positif η tel que pour les faibles valeurs positives de ν on ait*

$$(13)\qquad |\Sigma(\mu) - \Sigma(+0)| \leq \mu^\eta,$$

la convergence de $Z_T(t, \tau)$ vers $\mathcal{L}(\tau)$ est presque sûre.

Applications à l'interprétation des expériences destinées à la détermination des spectres de puissance. — Un analyseur destiné à mesurer la puissance moyenne correspondant à la bande $\nu_0\nu$ comprend en principe un filtre passe-bande $\mathcal{L}_{\nu_0,\nu}$ (5) qui isole cette bande, un détecteur qui élabore la puissance instantanée $P_{\nu_0\nu}(t)$ à la sortie du filtre et un intégrateur. Les rôles de ces appareils sont schématisés par les relations

$$(14)\qquad Y(t) = \mathcal{L}_{\nu_0,\nu}[X(t)], \qquad P_{\nu_0\nu}[t] = |Y(t)|^2, \qquad S(\nu_0, \nu, t, \tau) = \frac{1}{\tau}\int_{t-\tau}^{t} P_{\nu_0,\nu}(\theta)\, d\theta.$$

L'indication de l'analyseur à l'instant t est $S(\nu_0, \nu, t, \tau)$. Cette fonction aléatoire représente ce qu'on peut appeler la contribution de la bande $\nu_0\nu$ au *spectre instantané* (6) fourni par l'analyseur.

Pour une valeur finie de τ, $S(\nu_0, \nu, t, \tau)$ ne fournit pas une bonne localisation de la puissance sur l'axe des fréquences, on n'a pas en général :

$$(15)\qquad S(\nu_0, \nu_1, t, \tau) - S(\nu_0, \nu_2, t, \tau) = S(\nu'_0, \nu_1, t, \tau) - S(\nu'_0, \nu_2, t, \tau).$$

La relation (15) ne vaut pas non plus pour les espérances mathématiques.

Le théorème III précise les conditions de convergence de $S(\nu_0, \nu, t, \tau)$ vers le spectre déduit de la limite de $A(T, \tau)$ (spectre de la puissance τ).

II. *Résultats relatifs à l'énergie.* — *Hypothèses.* — Mêmes hypothèses que précédemment pour les gains. On suppose

$$(16)\qquad X(t) = \int_{-A}^{+A} e^{2\pi i\nu t} x'(\nu)\, d\nu \quad \text{m q}$$

---

(5) M. BLANC-LAPIERRE et R. FORTET, *Comptes rendus*, 220, 1946, p. 467.

(6) Au cours d'un exposé fait au début de l'année 1947, au Séminaire de Calcul des Probalilités de M. le Professeur Fréchet, M. Ville avait insisté sur l'intérêt de l'idée de spectre instantané et avait utilisé cette notion.

où $x'(\nu)$ est uniformément continu d'ordre 4 et $\overline{|x'^4(\nu)|}$ uniformément borné sur $-A+A$.

Théorème IV. — 1° *On a en moyenne quadratique et avec une probabilité* 1

$$(17)\qquad \lim_{T\to\infty}\underset{mq}{\int_{-T}^{+T}} Y_1(t)\, Y_2^*(t-\tau)\, dt = \underset{mq}{\int_{-A}^{+A}} e^{2\pi i\nu\tau} G_1(\nu)\, G_2^*(\nu)\, |x'(\nu)|^2\, d\nu.$$

2° *La limite précédente est presque sûrement égale à son espérance mathématique quels que soient $\mathcal{F}_1$, $\mathcal{F}_2$ et τ si pour tout domaine $\mathcal{D}$ du plan $\nu\times\nu'$ on a*

$$(18)\qquad \int_{\mathcal{D}} \overline{\left[|x'(\nu)|^2-\overline{|x'(\nu)|^2}\right]\left[|x'(\nu')|^2-\overline{|x'(\nu')|^2}\right]}\, d\nu\, d\nu' \equiv 0.$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *D'un certain mode de recherche des surfaces de probabilités*. Note de M. **René Risser**.

Faisant état d'un mode de représentation des distributions statistiques dans le plan, on est conduit à introduire les équations aux dérivées partielles

$$(1)\qquad \frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial x}=\frac{f(x,y)}{\varphi(x,y)},$$

$$(2)\qquad \frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial y}=\frac{g(x,y)}{\psi(x,y)},$$

qui doivent être telles que

$$(3)\qquad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{f}{\varphi}\right)=\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{g}{\psi}\right)$$

et

$$(4)\qquad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{f}{\varphi}\right)+\frac{fg}{\varphi\psi}=\frac{1}{z}\frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y}=H(x,y).$$

On supposera tout d'abord que $\psi(x,y)=\varphi(x,y)$; on se donne les fonctions f et φ, ainsi que la fonction $H(x,y)$, caractérisant l'équation de Moutard. La fonction g sera définie par

$$g=\frac{H(x,y)\,[\varphi(x,y)]^2}{f(x,y)}-(f'_y\varphi-\varphi'_y f).$$

Nous allons passer en revue un certain nombre de cas simples :

1° f et φ se réduisent à des constantes et $(1/z)(\partial^2 z/\partial x\,\partial y)=m^2n^2$; le calcul fait apparaître la surface $z=K\,e^{-m^2|x|-n^2|y|}$;

2° $f(x,y)=-mx$, $\varphi=\text{const.}$, $(1/z)(\partial^2 z/\partial x\,\partial y)=mnx(y+\alpha)$,

$$z=Ke^{-\left|m\frac{x^2}{2}+\frac{n}{2}(y+\alpha)^2\right|};$$

si m et n sont tous deux >0, on se trouve en présence d'une distribution laplacienne;

3° $f(x, y) = ax + by + d$, $\varphi(x, y) = 1$,

$$\frac{1}{z}\frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} = b + [a(x - x_0) + b(y - y_0)][b(x - x_0) + c(y - y_0)];$$

On met en évidence la surface $z = \mathrm{A}e^{\varphi(x,y)/2}$, avec

$$\varphi = \frac{a(x - x_0)^2 + 2b(x - x_0)(y - y_0) + c(y - y_0)^2}{2} + h;$$

si a, b, c et h sont telles que φ soit constamment négative, on retrouve la surface de Laplace-Gauss.

4° $f(x, y) = mx + ny$, $\varphi(x, y) = 1 - (\mathrm{A}x^2 + 2\mathrm{B}xy + \mathrm{C}y^2) = \delta$, avec

$$\frac{1}{z}\frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} = \frac{\rho[-2\mathrm{B}\delta + 4(\mathrm{A}x + \mathrm{B}y)(\mathrm{B}x + \mathrm{C}y)]}{\delta^2} = \mathrm{H}(x, y),$$

le calcul nous conduit à la solution particulière $z = \mathrm{K}\delta^{-\rho}$, qui répond à la question avec $\rho = l^2$, et la condition $\mathrm{B}^2 - \mathrm{AC} < 0$.

5° On se propose de trouver une solution particulière de l'équation

$$\frac{1}{z}\frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} = \frac{\mu[b_1\beta_2 + b_2\beta_1 - y(b_1 + b_2)]}{(y + \beta_1)(\beta_2 - y)}\,\nu\,\frac{[a_1\alpha_2 + a_2\alpha_1 - x(a_1 + a_2)]}{(x - \alpha_1)(\alpha_2 - x)}.$$

On peut en l'occurrence employer deux méthodes; la première consiste à voir si le produit $[(x - \alpha_1)^{m_1}(\alpha_2 - x)^{m_2}][(y - \beta_1)^{n_1}(\beta_2 - y)^{n_2}]$ satisfait à l'équation proposée, et la seconde revient à introduire l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\mathrm{P}_1(x)}{(x - \alpha_1)(\alpha_2 - x)} = \frac{f}{\delta_1}, \qquad \text{telle que} \qquad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{f}{\delta_1}\right) = 0.$$

On met ainsi en évidence tout un groupe de surfaces répondant à des distributions statistiques, auxquelles nous avions fait allusion dans une Note antérieure.

Deuxième partie. — On se donne maintenant les fonctions f et g, ainsi que $\mathrm{H}(x, y)$, et l'on se propose de déterminer φ.

Si l'on pose $f/\varphi = \mathrm{M}(x, y)$, on est ramené à résoudre l'équation

$$\frac{\partial \mathrm{M}(x, y)}{\partial y} + [\mathrm{M}(x, y)]^2 \frac{g(x, y)}{f(x, y)} - \mathrm{H}(x, y) = 0.$$

Connaissant une intégrale particulière M, et par suite une solution pour φ, on détermine z, qui doit être telle que $\iint z\, dx\, dy = 1$.

Troisième partie. — On se donne toujours f, g et H, mais l'on se propose de résoudre le système

$$\frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{f}{\varphi}, \qquad \frac{1}{z}\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{g}{\psi}.$$

Posant $f/\varphi = \mathrm{M}$ et $g/\psi = \mathrm{N}$, et tenant compte des équations de condition, on est amené à l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial^2 \mathrm{M}}{\partial x\, \partial y} - \frac{1}{\mathrm{M}}\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial x}\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial y} + \frac{\mathrm{H}}{\mathrm{M}}\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial y} - \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial x} = 0,$$

dont une intégrale particulière permet de déterminer une solution $N(x, y)$, et enfin une solution particulière z, qui ne sera acceptable que si $\iint_{(C)} z\,dx\,dy = 1$, le champ (C) n'étant autre que l'intersection de la surface avec le plan $z = 0$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Un mode de calcul général de la fonction de probabilité de moyennes.* Note [1] de M. **Jacques Maurin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit constituée, par prélèvement sur une collection indéfinie, une collection de N objets dont chacun est caractérisé par la valeur d'une grandeur x qui lui est attachée, le champ des variations de x étant découpé en tranches égales de valeur Δx de part et d'autre de la valeur $x_0 = 0$. Soit $x_j = j\,\Delta x$ le multiple de Δx de rang j, et soit $n(x_j)$ le nombre d'objets pour lesquels x est égal à x_j à $\pm \Delta x/2$ près. Bien entendu, $\sum_{j=-\infty}^{+\infty} n(x_j) = N$.

Je considère un nombre fini p de ces objets, que je classe arbitrairement de 1 à p; soient, pour chacun, $x_{1,j_1}, \ldots, x_{i,j_i}, \ldots, x_{p,j_p}$ les valeurs des x_j les plus voisines des valeurs prises par x, de sorte que l'indice i caractérise arbitrairement un objet déterminé parmi les p objets considérés, et l'indice j la valeur prise par la grandeur x qui le caractérise. Si, par exemple, je considère ensuite p autres objets arbitrairement classés de 1 à p, la grandeur x du $i^{\text{ième}}$ prendra une valeur notée x_{i,j'_i}.

Je puis ainsi effectuer C_N^p groupages différents de p objets. Si, pour chacun, $X_p = x_{1,j_1} + \ldots + x_{i,j_i} + \ldots + x_{p,j_p}$, j'aurai ainsi C_N^p valeurs de X_p, l'écart entre deux valeurs de X_p les plus voisines étant constant et égal à

$$\Delta X_p = \frac{\Delta x}{p}. \tag{1}$$

Soit, dans la collection des C_N^p moyennes ainsi obtenues, $n_p(X_{p,K})$ le nombre de moyennes X_p égales à $X_{p,K} = K\,\Delta X_p$. Bien entendu, $\sum_{K=-\infty}^{+\infty} n_p(X_{p,K}) = C_N^p$.

L'analyse combinatoire démontre que

$$\frac{\sum_{K=-\infty}^{+\infty} X_{p,K}\, n_p(X_{p,K})}{\sum_{K=-\infty}^{+\infty} n_p(X_{p,K})} = \frac{\sum_{j=-\infty}^{+\infty} x_i\, n(x_{i,j_i})}{\sum_{j=-\infty}^{+\infty} n(x_{i,j_i})} = X_N, \tag{2}$$

$$n_p(X_{p,K}) = \frac{1}{p!} \sum_{j_i=-\infty}^{+\infty}{}^{(p-1)} \left[\prod_{i=1}^{p-1} n(x_{i,j_i})\right] n\left[p X_{p,K} - \sum_{i=1}^{p-1} x_{i,j_i}\right] - \Theta, \tag{3}$$

Θ tendant vers zéro par valeurs positives avec $1/N$.

---

[1] Séance du 10 décembre 1947.

Dans (3), où $\left[\prod_{i=1}^{p-1} n(x_{i,j_i})\right] = n(x_1, j_1) \ldots n(x_{i,j_i}) \ldots n(x_{p-1}, j_{p-1})$,

$\overset{(p-1)}{\sum_{j_i=-\infty}^{+\infty}} \left[\prod_{i=1}^{p-1} n(x_{i,j_i})\right] n\left[p X_{p.K} - \sum_{i=1}^{p-1} x_{i,j_i}\right]$ représente la somme de tous les produits de p facteurs

$$n(x_{1,j_1}) \ldots n(x_{i,j_i}) \ldots n(x_{p-1,j_{p-1}})\, n[p X_{pk} - (x_{1,j_1} + \ldots + x_{i,j_i} + \ldots + x_{p-1,j_{p-1}})]$$

obtenus en donnant successivement à chaque x_i toutes les valeurs x_{i,j_i} possibles de $-\infty$ à $+\infty$.

2. La probabilité étant définie par la fréquence ([2]), soient :

$f'(x)\,dx$ la probabilité pour la variable aléatoire d'être égale à x à $\pm dx/2$ près;

$F'_p(X_p)\,dX_p$ la probabilité pour la moyenne des variables aléatoires de p objets prélevés dans la même collection d'être égale à X_p à $\pm dX_p/2$ près;

$\overset{(p-1)}{\int_{-\infty}^{+\infty}}$ une intégrale $(p-1)$ — uple définie de $-\infty$ à $+\infty$.

Les équations (1), (2), (3) conduisent alors, en faisant $n(x_i) = N f'(x_i)\Delta x$ et $n_p(X_p) = C_N^p F'_p(X_p)\Delta X_p$, et en faisant décroître Δx jusqu'à dx et $\Delta X_p = \Delta x/p$, jusqu'à $dX_p = dx/p$, à l'équation

$$F'_p(X_p) = p \overset{(p-1)}{\int_{-\infty}^{+\infty}} \prod_{i=1}^{p-1} [f'(x_i)]\, f'\left[p X_p - \sum_{i=1}^{p-1} x_i\right] \prod_{i=1}^{p-1} [dx_i], \tag{4}$$

qui donne la fonction de probabilité de la moyenne X_p des variables aléatoires de p objets prélevés dans la même collection.

Si $F'_{\sum_{l=1}^{q} p_l}\left(X_{\sum_{l=1}^{q} p_l}\right)$ est la fonction de probabilité d'une moyenne de q moyennes chacune des variables aléatoires de p_l objets prélevés dans la même collection, l variant de 1 à q, c'est-à-dire en définitive d'une moyenne des variables aléatoires de $\sum_{l=1}^{q} p_l$ objets, on obtient la formule généralisée

$$F'_{\sum_{l=1}^{q} p_l}\left(X_{\sum_{l=1}^{q} p_l}\right) = \frac{\sum_{l=1}^{q} p_l}{p_q} \overset{(q-1)}{\int_{-\infty}^{+\infty}} \prod_{l=1}^{q-1} [F'_{p_l}(X_{p_l})] \times F'_{p_q}\left[\frac{\left(\sum_{l=1}^{q} p_l\right) X_{\sum_{l=1}^{q} p_l} - \left(\sum_{l=1}^{q-1} p_l X_{p_l}\right)}{p_q}\right] \prod_{l=1}^{q-1} [dX_{p_l}]. \tag{5}$$

([2]) E. Borel, *Traité de Calcul des probabilités*, 1937, 1. III; M. Fréchet, *Généralités sur les probabilités*, 1er liv., I, p. 3-5.

MÉCANIQUE. — *Construction d'oscillateurs non linéaires sinusoïdaux par la méthode de l'axe mobile.* Note [1] de M. **Jean Abelé**, présentée par M. Camille Gutton.

1. Considérons l'oscillateur linéaire défini par l'équation

$$z = \mathrm{A}e^{-a\omega t}\cos(\omega\sqrt{1-a^2}\,t+\varphi) \qquad (\omega > 0,\ 0 \leq a < 1). \tag{1}$$

Une interprétation géométrique classique de l'équation (1) considère z comme la projection orthogonale sur un axe Oz d'un vecteur tournant autour de O et ayant pour module $\mathrm{A}e^{-a\omega t}$. Dans un système d'axes rectangulaires $(\mathrm{O},\ t,\ z)\,\mathrm{A}e^{-a\omega t}$ est l'ordonnée de l'*enveloppe* de la famille de courbes définie par (1) en regardant A comme une constante et φ comme un paramètre.

2. On peut toutefois déterminer un autre vecteur tournant $\overline{\mathrm{OM}}$, admettant lui aussi z pour projection, mais dont le module est égal à l'ordonnée Z du *lieu géométrique des maxima* de la même famille de courbes, grandeur que nous estimons seule capable de constituer, en vue de l'édification d'une théorie des auto-oscillateurs, une définition féconde de l'*amplitude de z comme fonction continue de t.*

Il faut et il suffit pour cela que la projection soit faite parallèlement à un axe Ox faisant avec Oz un angle égal à l'angle V que forme avec $\overline{\mathrm{OM}}$ prolongé la tangente à la spirale logarithmique décrite par M.

On démontre alors de plus que le produit par la constante $-\omega$ de la projection de $\overline{\mathrm{OM}}$ sur Ox est égal à la vitesse de la projection de M sur Oz.

3. Réciproquement, donnons-nous une famille de spirales logarithmiques d'équation

$$\frac{1}{\mathrm{Z}}\frac{d\mathrm{Z}}{d\theta} = \frac{-a}{\sqrt{1-a^2}}, \tag{2}$$

et, considérant une de ces spirales, convenons :

1° de projeter son rayon vecteur $\overline{\mathrm{OM}}$ sur Oz parallèlement à un axe Ox faisant avec Oz un angle V, égal à celui que forme la tangente en M à la spirale avec le rayon vecteur prolongé ;

2° de déterminer la vitesse angulaire $d\theta/dt$ du rayon vecteur, de façon que la vitesse linéaire dz/dt soit égale au produit par une constante d'homogénéité-ω de la projection de $\overline{\mathrm{OM}}$ sur Ox.

Cette double convention conduit à l'équation (1). Elle permet donc de *construire l'oscillateur linéaire à partir d'une relation d'essence géométrique existant entre son amplitude Z et sa phase.*

4. L'intérêt de cette construction vient de ce qu'elle n'est pas limitée à

---

(1) Séance du 10 décembre 1947.

l'oscillateur linéaire, mais s'étend, grâce à une généralisation convenable de la seconde convention, à une classe d'oscillateurs non linéaires susceptibles d'admettre des régimes asymptotiques *sinusoïdaux*.

Soit en effet une famille de spirales définie par l'équation

(3) $$\frac{1}{Z}\frac{dZ}{d\theta} = \operatorname{tg}\alpha,$$

dans laquelle α est un angle, positif ou négatif, généralement petit en valeur absolue et *variable en fonction de* Z.

1° Projetons le vecteur $\overline{OM}$, dont Z est le module, sur l'axe polaire Oz parallèlement à un axe *mobile* Ox faisant avec Oz l'angle $V = (\pi/2) - \alpha$. Il vient

(4) $$z = Z\frac{\cos(\theta + \alpha)}{\cos\alpha};$$

2° Posons

(5) $$\frac{d\theta}{dt} = \omega\sqrt{\frac{-Z\sin\theta}{\frac{dz}{d\theta}}} = \frac{\omega\cos\alpha}{\sqrt{1 + \frac{d\alpha}{d\theta}}}.$$

Le système des équations (3), (4), (5), dont deux sont résolubles par des quadratures, détermine z en fonction de t avec deux constantes arbitraires et vérifie l'équation différentielle du second ordre

(6) $$\frac{d^2z}{dt^2} - [(2 + \varepsilon)\sin\alpha + \eta]\omega\frac{dz}{dt} + \omega^2 z = 0.$$

Posons $\sin\alpha = KF(Z)$, F étant une fonction continue et dérivable, et prenons k comme infiniment petit principal. On démontre que ε et η sont des infiniment petits respectivement du 4e et du 3e ordre, pourvu que Z, F, F′ et F″ restent finis.

Si *physiquement* k est assez petit et le domaine utilisé des valeurs de Z assez peu étendu au delà de l'unité pour que l'on puisse négliger, comme inférieures aux erreurs de mesure, les quantités $\varepsilon\sin\alpha$ et η, l'équation (6) ne diffère de l'équation à coefficients constants admettant (1) comme solution pseudo-périodique que par la présence dans le coefficient de dz/dt d'*une fonction lentement variable de* Z, et elle admet comme solution, *quelle que soit cette fonction*, le système d'équations (3), (4), (5).

Ce système d'équations permet donc d'établir une *théorie générale de toute une classe d'auto-oscillateurs à contrôle d'amplitude*, dont le plus simple s'obtient en posant $F(Z) = 1 - Z$. Nous avons étudié dans notre thèse des procédés techniques qui permettent de le réaliser (1).

---

(1) J. Abelé, *Étude d'un système oscillant entretenu à amplitude auto-stabilisée. Thèse*, Paris, 1943 et *Annales de Chronométrie*, fasc. 3-4, 1942.

ÉLASTICITÉ. — *Sur les lignes de glissement et le calcul des déplacements dans la déformation plastique.* Note de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

En étudiant la torsion d'un cylindre plastique isotrope, moyennant certaines hypothèses qui sont vérifiées en l'absence de frottement interne, nous avons montré ([1]) que, lorsqu'il n'y a pas écrouissage, les lignes caractéristiques de l'équation donnant w, composante parallèle aux génératrices du déplacement d'un point, sont réelles. Elles coïncident avec les lignes caractéristiques de l'équation donnant la fonction d'Airy, c'est-à-dire les contraintes. Enfin elles sont lignes de discontinuité possible pour w, ce qui explique la formation de surfaces de glissement parallèles aux génératrices et dont ces lignes sont les traces en section droite. La production de lignes de glissement s'explique par une localisation de la distorsion : localisation en relation avec la forme du diagramme contrainte-déformation.

Ces propriétés se retrouvent dans les problèmes de tranches planes, et toujours *l'absence de frottement interne*, si l'on admet que les directions principales de la déformation coïncident avec celles de la sollicitation. u et v étant les paramètres définis dans une communication antérieure ([2]), les lignes caractéristiques des équations aux contraintes sont les lignes $u =$ const. et $v =$ const. (qui dans le cas actuel bissectent l'angle des directions principales). U, V désignant les composantes de la vitesse suivant les tangentes à ces lignes, $E\,du$, $G\,dv$ les arcs élémentaires de ces lignes, n la moyenne arithmétique des contraintes principales contenues dans le plan (comptée positivement dans le cas d'une pression), dn sa variation lorsqu'on suit une molécule, $K/2$ le module d'élasticité relatif aux variations d'aire, on obtient

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{\partial U}{\partial u} - V + \frac{E}{K}\frac{dn}{dt} = 0,\\ &\frac{\partial V}{\partial v} - U + \frac{G}{K}\frac{dn}{dt} = 0. \end{aligned}\right.$$

La forme indiquée pour les termes élastiques (en dn/dt) n'est valable que si l'on considère comme infiniment petite la déformation accomplie à l'instant t. Mais, pour de grandes déformations, ces termes élastiques deviennent négligeables.

Les lignes caractéristiques du système (1) en U, V sont les lignes u et v. Les lignes u (u variable, v constant) sont lignes de discontinuité possible pour U, les lignes v pour V. Ces lignes sont donc lignes de glissement.

([1]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1205-1207.
([2]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 583.

Tous ces résultats sont conformes à l'expérience et à la théorie de Mohr et Caquot. Nous nous baserons maintenant sur cette théorie pour déterminer les déplacements, dans le cas des tranches planes, *lorsque la courbe intrinsèque est quelconque*, sa tangente faisant un angle φ, qui peut être variable, avec l'axe des contraintes normales. Les lignes de glissement font avec la contrainte principale maximum des angles égaux à $(\pi/4)-(\varphi/2)$ et coïncident ainsi avec les lignes caractéristiques des contraintes, lignes u et v. Imaginons la déformation plastique comme résultant de deux distorsions pures ou glissements, l'un parallèle à la direction u, l'autre à la direction v. On remarquera que, dans un glissement, les directions principales de la déformation sont à $\pi/4$ de la direction du glissement, et non à $(\pi/4)-(\varphi/2)$; elles ne coïncident donc pas avec les directions principales de la sollicitation, à moins que $\varphi=0$. Ceci dit, l'invariance de la projection, sur une direction de glissement, et parallèlement à l'autre direction de glissement, d'un élément d'arc initialement dirigé suivant la première direction, nous conduit aux deux équations suivantes :

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{\partial U}{\partial u}-\frac{V}{\cos\varphi}\left(1-\frac{1}{2}\frac{d\varphi}{dS}\right)-U\,\mathrm{tg}\,\varphi\left(1+\frac{1}{2}\frac{d\varphi}{dS}\right)+E\frac{d\theta}{dt}\,\mathrm{tg}\,\varphi+\frac{E}{K}\frac{dn}{dt}=0,\\ &\frac{\partial V}{\partial v}-\frac{U}{\cos\varphi}\left(1-\frac{1}{2}\frac{d\varphi}{dS}\right)-V\,\mathrm{tg}\,\varphi\left(1+\frac{1}{2}\frac{d\varphi}{dS}\right)+G\frac{d\theta}{dt}\,\mathrm{tg}\,\varphi+\frac{G}{K}\frac{dn}{dt}=0,\end{aligned}\right.$$

qui, pour $\varphi=0$, redonnent bien les équations (1) obtenues en se basant sur la coïncidence des directions principales de la déformation et de la sollicitation. θ désigne l'orientation des contraintes principales, $d\theta$ sa variation lorsqu'on suit une molécule, $S=u+v$ le paramètre fixant la position du cercle de Mohr. Pour un écoulement permanent, c'est-à-dire tel que le réseau des lignes u et v soit indépendant de t, on a

$$\frac{d\theta}{dt}=\frac{U}{E}-\frac{V}{G},\qquad \frac{dn}{dt}=\frac{2R}{\cos\varphi}\left(\frac{U}{E}+\frac{V}{G}\right),$$

R désignant le rayon du cercle de Mohr.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le calcul des ailes rectangulaires en flèche.* Note [1] de MM. **Elie Carafoli** et **Nicolas Tipei**.

Dans une Note précédente [2] nous avons établi les caractéristiques des ailes en dérive et à axe parabolique.

Pour les applications aéronautiques, le cas le plus intéressant est, toutefois, celui d'aile en flèche, dont nous nous proposons de calculer les caractéristiques.

---

(1) Séance du 1er septembre 1947.

(2) *Sur les caractéristiques aérodynamiques des ailes rectangulaires en dérive et à axe parabolique* (*Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1121).

Influence des tourbillons libres. — L'aile sera représentée par deux droites ayant, par rapport à la direction de l'envergure, l'angle δ comme dérive.

En conservant les mêmes notations que dans notre Note précédente et en appliquant encore la même formule, on obtient l'expression de l'angle induit supplémentaire

$$(1)\qquad \varepsilon' = \frac{\lambda\,\mathrm{tg}\,\delta\,A_1}{8}\left[\frac{1-\cos\varphi}{\sqrt{1+\lambda^2(1+\cos\varphi)^2}} + \frac{1+\cos\varphi}{\sqrt{1+\lambda^2(1-\cos\varphi)^2}}\right][1+(1-|\cos\varphi|)^2].$$

En développant toujours en $\cos\varphi$, ..., $\cos n\varphi$, on déduit les termes supplémentaires de la circulation

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned}
A'_1 &= \frac{5,782 - 3,653\sqrt[3]{\lambda} + 0,3314\,\lambda - 0,005224\,\lambda^2\,\dfrac{\lambda\,\mathrm{tg}\,\delta\mu_0}{8}\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{\mu_0 + 0,8231},\\
A'_3 &= \frac{0,1679\,A'_1 + (1,3028\sqrt[3]{\lambda} - 0,1588\,\lambda + 0,00251\,\lambda^2 - 1,112)\dfrac{\lambda\,\mathrm{tg}\,\delta\mu_0}{8}\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{3\mu_0 + 0,6306},\\
A'_5 &= \frac{0,1940\,A'_3 + 0,02675\,A'_1 + (0,538 - 0,2827\sqrt[3]{\lambda} + 0,0434\,\lambda - 0,000678\,\lambda^2)\dfrac{\lambda\,\mathrm{tg}\,\delta\mu_0}{8}\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{5\mu_0 + 0,635},\\
A'_7 &= \frac{0,1935\,A'_5 + 0,02675\,A'_3 + (0,2039\sqrt[3]{\lambda} - 0,01516\lambda + 0,000237\lambda^2 - 0,138)\dfrac{\lambda\,\mathrm{tg}\,\delta\mu_0}{8}\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{7\mu_0 + 0,638},\\
A'_9 &= \frac{0,1932\,A'_7 + 0,02675\,A'_5 + (0,00257\lambda - 0,00004\lambda^2 - 0,01612\sqrt[3]{\lambda})\dfrac{\lambda\,\mathrm{tg}\,\delta\mu_0}{8}\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{9\mu_0 + 0,6402},\\
A'_{11} &= \frac{0,1931\,A'_9 + 0,02675\,A'_7 + 0,00132\sqrt[3]{\lambda}\,\dfrac{\lambda\,\mathrm{tg}\,\delta\mu_0}{8}\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{11\mu_0 + 0,842},\\
A'_{13} &= \frac{0,193\,A'_{11} + 0,02675\,A'_9 - 0,00247\sqrt[3]{\lambda}\,\dfrac{\lambda\,\mathrm{tg}\,\delta\mu_0}{8}\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{13\mu_0 + 0,643},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right.$$

Influence du tourbillon lié. — Le tourbillon lié d'une seule moitié d'aile, supposé concentré dans l'axe, produit en un point de l'autre moitié *un angle induit supplémentaire*

$$(3)\qquad \varepsilon'' = -\frac{A_1}{4}\,\frac{\cos\delta}{\sin 2\delta\,|\cos\delta|}[1 + (\cos\delta - 1)\,|\cos\varphi| - \cos 2\delta].$$

On peut écrire

$$\frac{1}{|\cos\varphi|} = 2,10 - 1,616\cos 2\varphi + 1,05\cos 4\varphi - 0,434\cos 6\varphi.$$

Il en résulte les termes correctifs du développement de Γ

$$(4)\quad \begin{cases} A''_1 = -\dfrac{\left(1,37\cos^2\dfrac{\delta}{2} - 0,125\right)\mu_0 \operatorname{tg}\dfrac{\delta}{2}}{0,8231+\mu_0}\dfrac{C_z}{\pi\lambda}, \\ A''_3 = \dfrac{0,1679\,A''_1 + 0,312\,\mu_0 \sin\delta\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{0,6306+3\mu_0}, \\ A''_5 = \dfrac{0,02675\,A''_1 + 0,194\,A''_3 - 0,180\,\mu_0 \sin\delta\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{0,635+5\mu_0}, \\ A''_7 = \dfrac{0,02675\,A''_3 + 0,1935\,A''_5 + 0,0543\,\mu_0 \sin\delta\,\dfrac{C_z}{\pi\lambda}}{0,638+7\mu_0}, \\ A''_9 = \dfrac{0,02675\,A''_5 + 0,1932\,A''_7}{0,6402+9\mu_0}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

L'effet total de la flèche sera obtenu alors en additionnant les coefficients donnés par les formules (2) et (4)

$$A_n = A'_n + A''_n.$$

On peut encore calculer la pente k_λ de la droite qui représente la variation de C_z avec l'incidence ($C_z = 2k_\lambda\,\alpha$). Cette pente sera, en partant de la valeur k'_λ, connue pour l'aile droite,

$$(5)\quad k_\lambda = \frac{k'_\lambda}{1 - f_1(\lambda, \mu_0, \delta) - f_2(\mu_0, \delta)} = \frac{1}{2}\,\frac{\pi\lambda\mu_0}{\mu_0 + 0.8231}\,\frac{1}{1 - f_1(\lambda, \mu_0, \delta) - f_2(\mu_0, \delta)},$$

où $f_1(\lambda, \mu_0, \delta)$ et $f_2(\mu_0, \delta)$ sont les coefficients qui multiplient le terme $C_z/\pi\lambda$ des expressions A'_1 et A''_1 [formules (2) et (4)].

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les dissipations d'énergie au voisinage d'une paroi en translation supersonique peu éloignée de son plan tangent.* Note de MM. **René Leduc** et **Jean Villey**, présentée par M. Albert Caquot.

Le raisonnement qui conduit à considérer comme impossible un écoulement supersonique régulier laminaire au-dessus d'une aile d'avion peut se préciser comme suit.

La courbure imposée aux nappes d'air par le dos convexe de l'aile exige un gradient de pression transversal capable de produire l'accélération normale correspondante. Il en résulte que la pression en B au voisinage du dos doit être plus faible qu'en un point D situé plus loin sur la perpendiculaire élevée en B sur l'aile. Nous pouvons prendre en particulier D dans la région où la pertur-

bation devient négligeable; cela exige donc en B une pression plus faible que la pression atmosphérique non perturbée qui règne en D.

Mais au delà d'une mince couche limite immédiatement contiguë à la paroi où la viscosité joue un rôle essentiel, les échanges d'énergie entre nappes laminaires sont négligeables. Alors le filet ABC qui passe en B se comportera comme s'il s'écoulait dans une canalisation fixe par rapport à des axes attachés à l'aile. Or sa section en B est plus faible que les sections A et C à l'entrée et à la sortie du domaine perturbé; on a donc l'équivalent d'une tuyère convergente-divergente, qui, en écoulement supersonique, comporte un maximum de pression au col B. Cela donnerait une pression en B plus grande que la pression atmosphérique non perturbée qui règne en A et C.

Cette contradiction ne serait même pas évitée dans le cas où le filet considéré traverse l'onde de choc en forme de croissant qui entoure le bord d'attaque (supposé convexe), sous une incidence assez voisine de la normale pour que la discontinuité de vitesse AA′ le rende subsonique. On pourrait imaginer en effet que la diminution de pression dans le convergent subsonique A′B l'emporte sur l'augmentation discontinue AA′ pour aboutir en B à la pression plus faible qu'en A (ou en D) que la courbure réclame. Mais on constate alors facilement que le retour à l'équilibre et à la pression initiale dans le divergent BC serait impossible aussi bien dans l'hypothèse où l'écoulement y resterait subsonique que dans celle où il y redeviendrait supersonique.

On doit donc considérer comme impossible la formation d'un écoulement laminaire au voisinage du dos de l'aile en translation supersonique.

Mais, comme les vitesses moyennes d'écoulement semblent devoir nécessairement envelopper des nappes de même disposition générale que les nappes laminaires envisagées ci-dessus, il faut admettre que les échanges d'énergie importants se produisent entre nappes contiguës pour mettre en défaut notre raisonnement, basé sur l'application de la conservation de l'énergie individuellement à chaque filet. Ces échanges supposent des turbulences accentuées, qui doivent réaliser des dissipations importantes d'énergie et intervenir comme un facteur notable de la résistance aérodynamique aux vitesses supersoniques.

Il est intéressant d'observer que cette difficulté disparaît pour un écoulement supersonique à l'intérieur d'une canalisation.

Considérons en effet un col dans une canalisation de révolution. La courbure des filets situés dans un plan méridien quelconque entraîne que la pression est maxima au centre O de la section étranglée; mais il n'est pas imposé à cette pression une valeur déterminée comme au point D de l'écoulement intérieur, et cela ne conduit à aucune contradiction. Cela influe seulement sur la courbure des surfaces isobares par rapport aux sections planes orthogonales. De même, dans une section renflée, la pression sera minima au centre O′ sans qu'une valeur déterminée lui soit imposée *a priori*.

Un écoulement supersonique laminaire apparaît donc possible dans une canalisation comportant une succession de cols et de renflements.

On peut d'ailleurs y craindre la naissance de turbulences si la couche limite devient instable et subit des décollements. C'est dans les régions où le gradient longitudinal de pression est positif qu'ils peuvent apparaître quand la couche limite n'a plus assez d'énergie cinétique pour vaincre l'augmentation de pression imposée par l'évolution des nappes libres voisines. Ils sont donc à craindre, non pas dans les divergents comme en écoulement subsonique, mais dans les convergents. L'instabilité semble d'ailleurs y être plus menaçante, car l'épaississement de la couche limite accentue la convergence imposée aux nappes libres, et par conséquent aussi le gradient de pression, qui est justement la cause de cet épaississement. Cette protubérance d'air très ralenti semble même susceptible d'amorcer éventuellement la naissance d'une onde de choc. La succion de la couche limite à travers la paroi, en vue d'éviter son épaississement, paraît donc devoir être un facteur efficace de stabilisation dans un convergent supersonique, comme elle l'est dans un divergent subsonique.

AÉRODYNAMIQUE. — *La fonction de dissipation en écoulement turbulent isotrope.* Note [1] de M. **Gabriel Viguier**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le mouvement d'un fluide visqueux s'accompagne toujours d'un frottement interne et l'énergie dépensée se transforme alors en chaleur.

Si nous considérons le fluide à l'instant t dans un domaine Ω, la quantité de chaleur reçue par le système pendant le temps δt est égale à

$$\delta Q = \delta t \iiint_{\Omega} A \, d\varpi, \tag{1}$$

où A, définie par Lord Rayleigh, est la fonction de dissipation.

Si nous n'admettons [2] pas une liaison linéaire entre les vitesses de déformation et les tensions de viscosité, ce qui est nécessaire lorsque le gradient de vitesses est élevé, nous trouvons de nouvelles équations d'équilibre du mouvement dans lesquelles les composantes de Stokes comportent des termes complémentaires du troisième ordre.

Nous limitant à l'hypothèse d'incompressibilité du fluide, nous trouvons que ces termes sont égaux à $T_{ii}^{(3)}$ pour les efforts normaux et à $T_{kl}^{(3)}$ pour les efforts tangentiels, soit

$$\left\{ \begin{aligned} T_{ii}^{(3)} &= (D+E)\,\psi_i - \frac{E}{2}\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\sum_j \varphi_j \\ T_{lk}^{(3)} &= \frac{D}{4}\left(\frac{\partial u_l}{\partial x_k} + \frac{\partial u_k}{\partial x_l}\right)\sum_j \varphi_j \end{aligned} \right. \qquad (i=j\neq l\neq k=1,2,3), \tag{2}$$

([1]) Séance du 17 novembre 1947.

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 713.

les quantités ψ_i et $\sum_j \varphi_j$, facilement calculables, étant fonctions des gradients de vitesses u'_{ij}.

D et E sont de nouveaux coefficients de viscosité dont les dimensions sont $ML^{-1}T^{+1}$.

Avec de telles hypothèses la fonction de dissipation A prend la valeur

$$(3)\qquad A=\mu\left[\sum_k\sum_i\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k}\right)^2+\sum_k\sum_i\frac{\partial u_i}{\partial x_k}\frac{\partial u_k}{\partial x_i}\right]-\sum_i\sum_k u_i\frac{\partial T_{ik}^{(3)}}{\partial x_k}\qquad (i, k=1, 2, 3).$$

Outre l'équation de continuité qui s'écrit $\Sigma(\partial u_i/\partial x_i)=0$, si nous admettons que les forces extérieures possèdent un potentiel, l'équation (1) devient

$$(4)\qquad A=\mu\left[\sum_i\omega_i^2-\frac{2}{\rho}\Delta p+\frac{2}{\rho}\sum_i\sum_k\frac{\partial^2 T_{ik}^{(3)}}{\partial x_i\,\partial x_k}\right]-\sum_i\sum_k u_i\frac{\partial T_{ik}^{(3)}}{\partial x_k},$$

où ω_i désignent les composantes du vecteur rotationnel.

Appliquons la formule ci-dessus au cas particulier de l'écoulement turbulent; nous désignons par u_i les oscillations turbulentes qui se superposent à l'écoulement principal U_i.

Dans le cas de la turbulence isotrope ([3]), nous avons $u'_1=u'_2=u'_3$, où u'_i est la moyenne quadratique $\sqrt{\overline{u_i^2}}$.

Il est aisé de remarquer que l'équation de continuité fournit l'égalité

$$\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\right)'^2+2\,\overline{\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\frac{\partial u_k}{\partial x_k}}=0\qquad (i\neq k=1, 2, 3),$$

comme, par suite de l'indifférence du lieu, on a $\overline{\Delta p}=0$, l'équation (4) donne pour la dissipation moyenne en turbulence isotrope l'égalité

$$\overline{A}=3\,\mu\,\omega_i'^2+\nu\,\overline{\sum_i\sum_k\frac{\partial^2 T_{ik}}{\partial x_i\partial x_k}}^{(3)}-\overline{\sum_i\sum_k u_i\frac{\partial T_{ik}}{\partial x_k}}^{(3)}.$$

Transformant le terme $3\,\mu\omega_i^2$, nous donnerons à cette dernière la forme définitive

$$\overline{A}=7{,}5\,\mu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k}\right)'^2+1{,}75\,\nu\,\overline{\sum_i\sum_k\frac{\partial^2 T_{ik}}{\partial x_i\partial x_k}}^{(3)}-\overline{\sum_i\sum_k u_i\frac{\partial T_{ik}}{\partial x_k}}^{(3)},$$

où nous retrouvons la relation de G. T. Taylor lorsque les coefficients D et E sont nuls.

([3]) K. Wieghardt, *Luftfahrtforschung*, 28 février 1941.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Correspondance mécanique classique, mécanique ondulatoire; intégrale du deuxième ordre indépendante du temps.* Note [1] de M. **Robert Faure**.

Nous avions vu antérieurement [2] que pour le cas des systèmes soumis uniquement à un potentiel scalaire, il y avait existence simultanée des intégrales premières du premier ordre en mécanique classique et en mécanique ondulatoire. Dans le cas présent, le problème se complique du fait de l'existence de termes différentiels du premier ordre qui disparaissent, ainsi que le terme multiplicateur lors de l'approximation de l'optique géométrique.

Soit un système classique où l'hamiltonien H et la fonction intégrale première sont :

$$H = \sum_i \frac{1}{2} A_i p_i^2 + u,$$

$$F = \sum_i P_i p_i^2 + R,$$

F satisfaisant à E_1

$$\sum_i \left(\frac{\partial F}{\partial p_i} \frac{\partial H}{\partial q_i} - \frac{\partial F}{\partial q_i} \frac{\partial H}{\partial p_i} \right) = 0.$$

Les fonctions P_i, A_k, u et R satisfont aux équations

(I) $$P_i \frac{\partial A_k}{\partial q_i} - A_i \frac{\partial P_k}{\partial q_2} = 0 \qquad (i = k \text{ et } i \neq k),$$

(II) $$2 P_i \frac{\partial u}{\partial q_i} - A_i \frac{\partial R}{\partial q_i} = 0.$$

L'équation de commutation de la mécanique ondulatoire E_2

$$AH - HA \equiv 0,$$

définit A à partir de F et de H ,

$$H \equiv -\frac{h^2}{8\pi^2} \sum_i \left(A_i \frac{\partial^2}{\partial q_i^2} + A_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log A_i \sqrt{g} \frac{\partial}{\partial q_i} \right) + u,$$

$$F \equiv -\frac{h^2}{4\pi^2} \sum_i \left(P_i \frac{\partial^2}{\partial q_i^2} + h_i \frac{\partial}{\partial q_i} + R_1 \right) + R.$$

Elle fournit outre les équations (I) et (II), les équations aux dérivées

---

(1) Séance du 1er décembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 797.

partielles

$$\text{(III)}\quad \sum_i P_i \frac{\partial^2 A_k}{\partial q_i^2} - A_i \frac{\partial^2 P_k}{\partial q_i^2} - \sum_i A_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log A_i \sqrt{g} \frac{\partial P_k}{\partial q_i} + 2 P_k \frac{\partial}{\partial q_k}\left(A_k \frac{\partial}{\partial q_k} \log A_k \sqrt{g}\right) - \sum_i h_i \frac{\partial A_k}{\partial q_i} - 2 A_k \frac{\partial h_k}{\partial q_k} = 0,$$

$$\text{(IV)}\quad P_i \frac{\partial}{\partial q_i}\left(A_k \frac{\partial}{\partial q_k} \log A_k \sqrt{g}\right) + P_k \frac{\partial}{\partial q_i}\left(A_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log A_i \sqrt{g}\right) - A_i \frac{\partial h_k}{\partial q_i} - A_k \frac{\partial h_i}{\partial q_k} = 0.$$

Ces équations au nombre de C_n^1 et C_n^2 définissent les n fonctions h_i; on montre à partir des équations (1) qu'elles sont compatibles et donnent

$$h_i = \frac{\partial P_i}{\partial q_i} + P_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log \sqrt{g}.$$

L'existence de la fonction R_1 sera étudiée ultérieurement. Toutefois son existence permet sa connaissance par des quadratures, à partir des A_i et P_i.

Nous pouvons donc énoncer le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Quand une intégrale première classique*

$$\sum_i P_i p_i^2 + R$$

donne lieu à l'intégrale première quantique

$$-\frac{h^2}{4\pi^2}\left(\sum_i P_i \frac{\partial^2}{\partial q_i^2} + A_i \frac{\partial}{\partial q_i} + R_1\right) + R,$$

on a

$$h_i = \frac{\partial P_i}{\partial q_i} + P_i \frac{\partial}{\partial q_i} \log \sqrt{g}.$$

La fonction R_1 est déterminée uniquement par des quadratures, à partir des A_i et P_i, $\sqrt{g}$ étant la capacité tensorielle dans l'espace de configaration.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les relations d'incertitude de Heisenberg.* Note de M. A. TORTRAT.

ψ étant la fonction d'onde, $f(u_i) = 1$ est la quadrique de dispersion relative aux coordonnées q_i, avec

$$f(u_i) = \int \psi^*(\Sigma u_i q_i)^2 \psi \, d\tau \qquad d\tau = dq_1, \ldots, dq_n.$$

Lors d'un changement linéaire sur les q_i (contrevariant) on devra considérer les u_i comme des coordonnées covariantes.

La quadrique relative aux coordonnées p_i est $G(x_i) = 1$ avec

$$\frac{h^2}{16\pi^2} G(x_i) = \int \psi^*(\Sigma x_i p_i)^2 \psi \, d\tau = \frac{h^2}{4\pi^2} \int \left| \Sigma x_i \frac{\partial \psi}{\partial q_i} \right|^2 d\tau.$$

Les coordonnées x_i ont ici un caractère contrevariant, on doit donc s'attendre à voir intervenir pour une signification géométrique simple la forme $F(x_i)$ polaire réciproque de $f(u_i)$.

On voit facilement que si

$$\psi = c\, e^{-\frac{\varphi(q_i)}{4}} = \psi_0(q_i).$$

$f(u_i)$ est la forme polaire de la forme quadratique φ. On a alors $G = \varphi$, soit : pour une loi de Gauss

$$G(x_i) - F(x_i) = 0.$$

Pour l'étude du cas général posons, $f(u_i)$ étant supposée connue, donc aussi $F(x_i)$,

$$\psi = \psi_0 \chi(q_i) \qquad \psi_0 = c\, e^{-\frac{1}{4}F(q_i)} \qquad |\psi_0| = 1.$$

Soit

$$\xi_i = \frac{1}{2} \frac{\partial F}{\partial q_i} = \alpha_{ij} q_j \qquad F(q_i) = f(\xi_i),$$

$v_i = \beta_{ij} x_j$ définit le changement linéaire de variance contraire,

$$v'_i = \alpha_{ij} x_j \qquad F(x_i) = f(v'_i),$$

$$\frac{1}{4} G(x_i) = \int \left| \Sigma x_i \frac{\partial \psi}{\partial q_i} \right|^2 d\tau = \int \left| \Sigma x_i \left(\frac{\partial \chi}{\partial q_i} - \frac{1}{2} \xi_i \chi \right) \right|^2 |\psi_0|^2 d\tau,$$

soient trois termes : le premier est

$$\int \left| \Sigma x_i \frac{\partial \chi}{\partial q_i} \right|^2 |\psi_0|^2 d\tau.$$

le dernier

$$\frac{1}{4} \int |\Sigma x_i \xi_i|^2 |\psi|^2 d\tau = \frac{1}{4} \int |\Sigma v'_i q_i|^2 |\psi|^2 d\tau = \frac{1}{4} f(v'_i) = \frac{1}{4} F(x_i),$$

les termes rectangles s'annulent car, par exemple,

$$\int \left(\frac{\partial \chi}{\partial q_i} \chi^* + \frac{\partial \chi^*}{\partial q_i} \chi \right) \xi_j |\psi_0|^2 d\tau = \int |\psi_0|^2 \frac{\partial}{\partial q_i} (\chi\chi^*) \xi_j \, d\tau = -\int |\chi|^2 |\psi_0|^2 (\alpha_{ij} - \xi_i \xi_j) \, d\tau.$$

Or

$$\int |\chi\psi_0|^2 (\Sigma u_i q_i)^2 d\tau = \int |\chi\psi_0|^2 (\Sigma v_i \xi_i)^2 d\tau = f(u_i) = F(v_i) = \Sigma \alpha_{ij} v_i v_j,$$

soit

$$\int |\chi\psi_0|^2 \xi_i \xi_j \, d\tau = \alpha_{ij}.$$

donc

$$G(x_i) \equiv F(x_i) + 4 \int \left| \sum u_i \frac{\partial \chi}{\partial q_i} \right|^2 \psi_0^2 \, d\tau.$$

La deuxième quadrique de dispersion est entièrement contenue dans la polaire réciproque de la première, sauf dans le cas d'une loi de Gauss, où elles se confondent. Le produit des formes quadratiques de dispersion est minimum dans ce cas, c'est, si on les rapporte à leurs axes,

$$f(u_i)\,G(x_i) = (\Sigma\sigma_i^2 u_i^2)\left(\sum \frac{\sigma_i^2}{u_i^2}\right).$$

Expression développée du produit $\Delta p.\Delta q$ des écarts quadratiques moyens : si l'on développe ψ suivant les fonctions orthogonales d'Hermite dérivées de $e^{-(q^2/4\sigma^2)}$ avec $\sigma = \Delta q =$ écart quadratique moyen de q,

$$\psi = \sum_0^\infty a_n \psi_n^\sigma(q),$$

on a

$$(\Delta p)^2(\Delta q)^2 = \frac{h^2}{16\pi^2} + \frac{4\pi^2}{h^2}\sum_0^\infty n\,|\,a_n\,|^2.$$

Nous supposons p et q rapportées à leurs valeurs moyennes, et, bien entendu, $q\psi$ et $\partial\psi/\partial q$ de carrés sommables dans tout l'espace.

Si ψ dépend de r variables, on a

$$(\Delta p_i)^2(\Delta q_i)^2 = \frac{h^2}{16\pi^2} + \frac{h^2}{4\pi^2}\sum n_i|\,a_{n_1,\ldots,n_r}\,|^2,$$

les ψ_{ni} dérivant de $e^{-q\Sigma_i/4\sigma_i^2}$ et $\psi = \Sigma a_{n_1,\ldots,n_r}\psi_{n_1,\ldots,n_r}$.

L'application de ces formules est assez restreinte car elle exige qu'on rapporte ψ aux ψ_n^σ. Ainsi si ψ est la $n^{\text{ième}}$ fonction d'Hermite ψ_n^σ, cette formule ne peut s'appliquer, car Δq n'est pas pour $\psi_n^\sigma(q)$ égal à σ.

Les calculs montrent que si $\psi = \psi_n^\sigma$

$$\Delta p\,\Delta q = \frac{h}{2\pi}\left(p + \frac{1}{2}\right).$$

Ce résultat s'applique au $n^{\text{ième}}$ état stationnaire de l'oscillateur harmonique linéaire, précisant ainsi l'équivalence présumée par Heisenberg comme valable dans tous les cas : $\Delta p\,\Delta q \sim p(h/2\pi)$ pour le $p^{\text{ième}}$ niveau stationnaire.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude théorique du spectre de certaines naines blanches.* Note [1] de M. **Evry Schatzman**.

Nous avons montré dans une précédente Note [2] qu'il était possible, malgré les phénomènes dus à l'effet Stark moléculaire, de se servir des valeurs usuelles

---

[1] Séance du 3 novembre 1947.

[2] *L'effet Stark moléculaire et la moyenne de Rosseland* (*Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1060).

de la moyenne de Rosseland. Nous avons cherché à calculer un modèle d'atmosphère et la répartition spectrale de l'énergie qu'il entraîne, pour une naine blanche théorique voisine de o_2 Eridani B. Notre choix s'est porté sur cette naine blanche pour les raisons suivantes : elle ne présente des conditions extrêmes ni de température ni de gravitation, et le calcul d'un modèle d'atmosphère ne pose aucun problème numérique compliqué pour le calcul de l'ionisation et du coefficient d'absorption. En particulier on peut négliger la diffusion de Thomson des électrons libres. Les microphotogrammes de son spectre donnés par Kuiper ([3]) sont bons, mais l'absence de toute donnée précise sur la répartition de l'énergie ne permet qu'une comparaison qualitative des calculs avec les résultats d'observation.

Nous avons supposé en accord avec les résultats indiqués dans une Note précédente ([4]) que l'atmosphère était faite d'hydrogène pur, ce qui introduit de notables simplifications pour le calcul de l'ionisation et du coefficient d'absorption.

Les tables de B. Strömgren ([5]) ont été utilisées pour le calcul de l'atmosphère $[T(x); N_0(x)]$. La répartition spectrale de l'énergie dans le spectre est calculée par la formule

$$(1)\qquad \left(\frac{F}{\pi}\right)_{\tau_\nu=0} = 2\int_0^\infty B_\nu(\tau_\nu)\,K(\tau_\nu)\,d\nu$$

que l'on calcule à l'aide d'une formule de Gauss à trois termes

$$(2)\qquad \left(\frac{F}{\pi}\right)_{\tau_\nu=0} = 0,767\,B_\nu(0,287) + 0,227\,B_\nu(1,814) + 0,0066\,B_\nu(5,385).$$

Nous avons choisi pour l'étoile étudiée une température définie par $\theta = 0,40 = 5040/T$ et un champ de pesanteur d'intensité $g = [7,69]$. On obtient ainsi un fond continu qui présente de nombreuses analogies avec le spectre observé. Cependant le phénomène de recouvrement partiel des raies spectrales a pour effet d'abaisser encore le fond continu dans la région des raies de Balmer. Pour calculer le coefficient d'absorption, nous utilisons l'expression donnée par Pannekœk ([6]). Nous supposons que lorsque sous l'influence d'un champ électrostatique F le système de raies Stark présente une largeur totale $2sF$, le coefficient d'absorption a une valeur constante dans tout cet intervalle spectral, en raison de l'élargissement des raies par collisions avec les électrons. Dans ces conditions la raie de Balmer de nombre quantique n présente un coefficient d'absorption

$$(3)\qquad k(\Delta\lambda) = \frac{\pi e^2}{mc^2}\lambda^2 f \frac{1}{sF_0}\,\frac{1}{2}\int_\beta^\infty \frac{w(\beta)}{\beta}\,d\beta,$$

([3]) *Naines blanches* (*Actualités scientifiques et industrielles*, Hermann, N° **897**).

([4]) *Le triage des éléments dans une atmosphère non isotherme* (*Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 990).

([5]) *Publikationer og mindre Meddelelser fra Kobenhavns Observatorium*, Nr. **138**.

([6]) *M. N.*, **98**, 1938, p. 694.

f étant la force de la raie spectrale et $\beta = F/F_0$ le champ rapporté au champ normal ([7]). Nous superposons en un point situé à mi-distance des raies n et $n+1$ l'absorption due aux raies $n-1$, n, $n+1$, $n+2$. En ajoutant ce coefficient d'absorption à celui trouvé précédemment pour le fond continu, nous pouvons calculer un nouveau contour pour la répartition de l'énergie dans le spectre. On observe alors un accord qualitatif avec le spectre de o_2 Eridani B. Nous pouvons donc conclure qu'*il est sans doute possible d'expliquer quantitativement l'aspect du spectre des naines blanches par une atmosphère d'hydrogène pur dans un champ de pesanteur intense.*

Les résultats antérieurs ([4]) ainsi que les résultats présents permettent de donner une autre explication que celle donnée par Blackett ([8]) pour expliquer le spectre des naines blanches. L'absence de raies métalliques s'explique par l'important triage des éléments dû au champ de pesanteur. Dans le seul cas où l'atmosphère d'hydrogène est très mince, les raies des métaux pourront apparaître. L'élargissement des raies de Ca^+ dans Van Maanen 2 est sans doute dû à l'amortissement par choc.

ASTROPHYSIQUE. — *Influence de l'activité solaire sur le nombre des découvertes de comètes.* Note de MM. **František Link** et **Vladimir Vanýsek**, présentée par M. Bernard Lyot.

Il y a 80 ans, Bruhns ([1]) a fait remarquer que le nombre de comètes découvertes au voisinage du minimum solaire en 1844 et 1856 était particulièrement faible. L'idée d'une telle corrélation fut combattue par R. Wolf ([2]), mais le nombre d'observations était insuffisant pour trancher la question. Nous l'avons reprise en nous basant sur le catalogue de Yamamoto (*Publ. Kwasan Obs.*, 1, 4; 1936), complété par nous après 1936. Pour simplifier, nous avons admis que le nombre de découvertes par an ne diffère pas sensiblement du nombre de comètes ayant passé, la même année, au périhèle et ce dernier nombre figure dans nos statistiques.

Il est d'abord évident que le nombre de comètes découvertes par an croît avec le temps, du fait que l'activité astronomique, sur la Terre, va en croissant. Depuis le début de notre ère jusqu'à la fin du XVIIe siècle, on trouvait environ 20 comètes par siècle. Au XVIIIe siècle ce nombre devient triple et, à partir de 1850, le nombre se maintient au voisinage de 5 découvertes par an. Nous avons donc commencé nos statistiques par le minimum solaire de 1844 et nous les avons étendues durant un siècle, jusqu'à 1944, c'est-à-dire pendant 9 cycles solaires. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

([7]) *Ann. Physik*, **58**, 1919, p. 577.

([8]) *Nature*, **159**, 1947, p. 658.

([1]) *A. N.*, **68**, 1867, p. 367.

([2]) *A. N.*, **70**, 1867, p. 107.

Minimum solaire.	Comètes période.	Comètes non périod.	Somme.	Petites planètes.	Pluie 1856-1900 (%).	Nombre des taches.
+ 0ª......	11	22	33	128	+2,7	9
+ 1......	20	29	49	109	−4,2	35
+ 2......	20	32	52	125	−4,7	62
+ 3......	14	29	43	119	−0,7	92
+ 4......	16	18	34	124	−1,0	89
+ 5......	14	23	37	119	+2,5	79
+ 6......	16	28	44	116	+1,1	53
+ 7......	14	35	49	117	−4,6	40
+ 8......	17	33	50	105	−3,2	25
+ 9......	14	20	34	119	+0,3	15
+10......	7	19	26	58	+7,6	12
+11......	7	8	15	57	–	3
Totaux..	172	299	471	1296	–	–

Comme la longueur du cycle solaire ne dépasse pas toujours 11ª, les colonnes 10ª et 11ª ne sont pas complètes.

On voit qu'il y a deux maxima de comètes qui se placent sur la branche ascendante et descendante des taches et deux minima qui coïncident sensiblement avec les extrêmes des taches. On peut avancer deux explications possibles de ce phénomène. D'après la première explication, dans le nombre de comètes se reflètent tout simplement les conditions météorologiques régnant sur la Terre. En effet, les statistiques de Hellmann (*Veröff. Preuss. Met. Inst.*, 207, 1909) concernant la pluie en Europe montrent des maxima de pluie là où nos statistiques cométaires accusent des minima et vice versa. Ce serait encore une manifestation quoique indirecte de l'activité solaire. Pour adopter définitivement cette explication, il faudrait démontrer que les conditions d'observation telles que la nébulosité suivent le cycle de Hellmann partout où l'on observe les comètes. Comme la preuve directe nous manque, dans ce cas nous l'avons remplacée par la statistique des découvertes de petites planètes (1844-1933). Or le nombre de *nouvelles* découvertes, qui devrait être aussi sensible aux conditions d'observation, ne montre aucune variation systématique au cours du cycle solaire.

C'est pour cette raison que nous nous pencherons provisoirement vers une autre explication. Le nombre de découvertes est une fonction de l'éclat des comètes et celui-ci dépend en partie de l'action excitatrice des radiations solaires. Dans cet ordre d'idées, les conditions optima se présenteraient deux fois par le cycle solaire pour des raisons, soit physiques, soit géométriques. De plus, les comètes périodiques paraissent se comporter autrement que les comètes non périodiques La discussion plus complète de ces circonstances sera donnée dans une autre publication.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les essaims de molécules dans les liquides.* Note de M. **Jacques Winter.**

Dans une Note récente (1) nous avons tenté d'expliquer le phénomène des écoulements laminaires, en introduisant la notion de filet de molécules se déplaçant d'un bloc. Nous n'avons fait que reprendre la notion d'essaim d'Ornstein et Kast (2), en lui ajoutant des propriétés physiques et géométriques. Il était d'ailleurs inutile dans le cas que nous avons étudié, de supposer le filet monomoléculaire. Cela nous conduit à une longueur trop considérable. Supposons une section droite équivalente à un carré de 40×40 molécules. En prenant la même distribution globale des vitesses, le gradient de vitesse en passant d'un filet au filet voisin sera 40 fois plus grand, et cela nous permettra de prendre (d'après la loi de de Broglie) une masse, donc une longueur $(40)^3$ fois plus faible. Soit une longueur de $1,6.10^{-5}$ cm, ou de 1600 molécules (la distance intermoléculaire étant supposée de 10^{-8} cm). Le nombre de molécules du filet serait alors de l'ordre de $2,5 \times 10^6$.

Peut-on évaluer d'une autre manière ce dernier chiffre?

Pour la plupart des liquides, loin du point critique, l'augmentation des dimensions linéaires lors de la fusion est de l'ordre de 2 à 3 %. En supposant cette augmentation due à des interstices vides séparant des essaims (ce qui n'est qu'une image grossière) et en supposant ces interstices de l'épaisseur d'à peu près une couche moléculaire, nous trouvons pour les dimensions linéaires d'un essaim d'une à deux centaines d'intervalles moléculaires; soit quelques millions de molécules par essaim, ce qui concorde avec l'hypothèse précédente. Bien entendu, lorsque la température s'élève notablement au-dessus du point de fusion, les dimensions des essaims diminueront, ce qui correspondra à une dilatation du liquide.

Comment pouvons-nous interpréter la constitution des essaims? Adoptons l'hypothèse de Pauling (3) sur la constitution des cristaux : Leur cohésion provient, notamment, de liaisons de valence (4) en résonance entre les diverses positions reliant deux molécules voisines du réseau cristallin (ou deux atomes voisins). Il existe dans l'état solide une distribution ordonnée des liaisons de valence en résonance. (Ce dernier point n'est pas précisé par Pauling.) Lorsqu'au moment de la fusion, l'ordre est rompu par l'agitation thermique, il se produira des zones d'accumulation des liaisons de valence (qui sont forcément

---

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1947, p. 859.

(2) Frenkel, *Kinetic Theory of liquids*, Oxford, 1946, p. 302-307. Voir aussi *Les groupes cybotactiques de Stewart*, p. 96 et p. 302-307.

(3) *The Nature of the chemical bond* (*Cornell University press*, 1945, Chap. XI).

(4) Elle provient aussi de liaisons monomoléculaires. Pour simplifier nous ne les mentionnons qu'ici.

étendues, en raison du principe de Pauli, qui interdit une accumulation trop forte des électrons et des liaisons de valence). Entre ces zones, il y aura des coupures où des liaisons de valence auront été disloquées et ne pouvant dépasser de beaucoup une couche moléculaire. Ces zones constitueraient les essaims (ou filets, dans le cas où ils sont allongés). Ils différeront d'un microcristal de mêmes dimensions en raison des fluctuations des écarts moléculaires ou atomiques, dues aux irrégularités des déplacements ou résonances des liaisons de valence. Mais ces fluctuations ne sont pas en contradiction avec l'existence de champs périodiques s'exerçant sur une étendue de plusieurs centaines d'intervalles, tels que ceux que nous avons introduits pour expliquer les écoulements laminaires. Les zones intersticielles jouent le rôle des trous qu'on considère souvent en théorie des liquides.

Pouvons-nous, à l'aide de cette notion d'essaim, tenter d'expliquer d'autres phénomènes difficiles à comprendre? Essayons de l'appliquer à la viscosité des liquides. On sait que la viscosité des gaz, expliquée à l'aide de transferts de quantité de mouvement, croît lorsque la température s'élève. Celle des liquides, au contraire, décroît. Sa cause doit donc être complètement différente. Considérons un liquide comme constitué par une juxtaposition d'essaims. Ceux-ci sont de formes irrégulières et variant, d'ailleurs, sans cesse avec le temps, en suivant les fluctuations des répartitions des valences. Lorsqu'une couche d'essaims se déplace, ses protubérances heurteront la couche voisine et il y aura transfert mécanique d'énergie et création de chaleur. La viscosité sera d'autant plus faible que la forme des essaims sera plus régulière. Or, comment varie cette forme avec la température? plus la température est élevée, plus nombreux et violents sont les chocs thermiques entre essaims voisins. Les protubérances qui se développent aux surfaces des essaims en suivant les fluctuations des distributions de valence, seront écrasées par ces chocs thermiques et les formes des essaims seront d'autant plus régulières que la température sera plus élevée. La viscosité ira donc en décroissant. Si ces vues sont fondées, la viscosité des liquides est assimilable à une sorte de frottement solide, puisque celui-ci se ramène en dernière analyse, à des chocs d'aspérités (si nous négligeons l'action des couches liquides et gazeuses adsorbées) (¹).

La forme moyenne des essaims (puisqu'elles fluctuent sans cesse avec le temps) doit dépendre évidemment des conditions géométriques et cinématiques du milieu : ainsi, elle doit prendre l'allure de filets dans certains courants. Les liaisons de valence résonneront dans des structures limitées, sans cesse variables (à l'exception des surfaces libres, ou de contact, qui, évidemment, conservent un caractère de permanence), tandis que dans les cristaux, elles résonnent dans des structures géométriques fixes et étendues.

(¹) Pöschl, *Physics of solids and fluids*, Blackie, 1932, p. 71-72.

THERMODYNAMIQUE. — *Contribution à la recherche de l'équation d'état des fluides.* Note de M. **Dragolioub Milosavliévitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré [1] que l'équation des fluides correspondant aux courbes de saturation s'écrit

$$\frac{rT}{pv} = e^{\left(1 - \frac{pv}{rT}\right)\left[1 - \frac{v_k}{v}\varphi(T)\right]}. \tag{1}$$

Pour connaître cette équation d'état, il est nécessaire de déterminer la fonction φ. Nous avons trouvé qu'elle a l'expression suivante

$$\varphi(T) = \frac{T_k}{T} - \left(1 - \frac{T_{k'}}{T}\right) e^{-\left(1 - \frac{T_{k'}}{T}\right)}. \tag{2}$$

Elle contient la température T comme variable et les températures T_k (du point critique) et $T_{k'}$ (du point triple) comme paramètres.

Enfin, nous avons constaté que les équations (1) et (2) sont aussi valables pour tous les gaz réels tant qu'on a $p \leq p_k$.

La vérification a été faite pour le cyclohexane C_6H_{12} (pour l'isotherme critique), le gaz carbonique (pour les isothermes de 25° C. et 40° C.) et l'eau (pour les isothermes de 370° C. et 400° C.).

A titre de vérification, nous avons appliqué les équations (1) et (2) à la détermination du point de Boyle T_B pour l'azote. Cette température T_B est déterminée par l'équation

$$\varphi(T) = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{T_k}{T} - \left(1 - \frac{T_{k'}}{T}\right) e^{-\left(1 - \frac{T_{k'}}{T}\right)} = 0. \tag{3}$$

Pour l'azote on a

$$T_k = 126^\circ \text{ K.} \quad \text{et} \quad T_{k'} = 63{,}3^\circ \text{ K.}$$

et l'équation (3) donne

$$T_B = 349^\circ \text{ K.}, \quad t_B = 76^\circ \text{ C.}$$

Chappuis avait trouvé que t_B devait être entre 50° C. et 70° C. à la suite de ses expériences sur les thermomètres à gaz à pression ou à volume constants [2]. L'équation de van der Waals donnerait [2] $t_B = 152^\circ$ C. et celle de Clausius [2] $t_B = 38^\circ$ C.

---

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 671.

(2) Bruhat, *Thermodynamique*, Paris, 1933, p. 65.

CHALEUR. — *L'inertie thermo-mécanique.*
Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un article assez récent de Bosworth [2], dont nous n'avons eu connaissance que tardivement, a signalé la nécessité d'introduire, dans les problèmes de convection de la chaleur, pour tenir compte de l'inertie *mécanique* des masses fluides, un terme supplémentaire, dit d'*inductance thermique* par analogie avec la self-induction de l'électromagnétisme, et cela, précisément, pour tirer parti de l'analogie *électrique* de la chaleur.

Nous croyons devoir rappeler que, dans notre Ouvrage *Expériences sur le refroidissement d'un corps chaud par un courant d'air*, publié [3] en 1933 avec la collaboration de M. Émile Blouin, nous avions déjà décrit, dans le même but, une inertie *thermo-mécanique*, à la suite d'expériences sur le réchauffement spontané, par les parois, d'une masse d'air comprimé contenue dans un réservoir de l'ordre du *mètre cube*, et refroidie initialement par une brève détente.

La température moyenne de cet air était donnée, après la détente, par l'observation différentielle de la pression. La loi du réchauffement moyen n'était manifestement pas une simple exponentielle du temps, comme l'eût entraîné la conception classique de l'échauffement de la *capacité* calorifique de la masse à travers la *résistance de passage* de la chaleur de la paroi à l'air. Il nous avait semblé possible de représenter l'écart à la loi classique par une *deuxième* exponentielle, de constante de temps sensiblement plus courte, et où nous avions vu précisément l'effet de l'*inertie* des filets d'air dont le mouvement, commandé par la différence de température air-paroi, devait permettre le réchauffement de l'air, inertie qui devenait sensible dans les réservoirs de grandes dimensions.

Nous avions traité le problème en utilisant complètement et explicitement *l'analogie* électrique : « la différence de potentiel correspond ici à la différence de température paroi-air, la résistance ohmique à la résistance thermique de passage de la chaleur de la paroi à l'air, la capacité électrostatique, à la capacité calorifique de l'air, l'intensité du courant, au flux de chaleur, la self-induction à l'inertie thermo-mécanique ». Nous avions poussé l'analogie « jusqu'à écrire les mêmes *conditions aux limites* que dans le cas l'électromagnétisme... au commencement d'un phénomène de réchauffement le flux de chaleur est *nul* » [3].

Cette idée, évidemment trop simple, nous avait paru intéressante en ce qu'elle permettait de traiter en *deuxième approximation* le problème de l'échauffement

---

[1] Séance du 10 décembre 1947.

[2] *Nature*, **158**, 1946, p. 309.

[3] *Publications scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, n° **36**, p. 47, Paris.

externe de *grandes* masses d'air. Mais nous ne l'avons pas alors développée parce que, peu de temps après ce premier travail, notre attention avait été attirée sur un aspect bien *plus* important de ces mouvements de chaleur ([4]) : par suite de l'apparition d'une *discontinuité* (théorique) de température entre la paroi et l'air, et du fait de la loi que nous avons dite *en racine carrée*, la paroi cède, dans les premiers instants, malgré la faible capacité calorifique et la faible conductivité de l'air, une quantité de chaleur *appréciable*. Le flux de chaleur initial, au lieu d'être *nul* comme dans la théorie analogique, se trouvait même *infini* (théoriquement).

L'effet de l'inertie était donc couvert par un *gros* phénomène. La deuxième exponentielle due à l'inertie ne pouvait plus suffire pour une théorie de deuxième approximation, de caractère *simple* et lumineux; un calcul fort difficile, suivant de près le mécanisme réel, et ne se contentant plus d'analogies, devenait nécessaire; l'élégante stylisation de l'*inertie thermomécanique* perdait beaucoup de l'intérêt qu'elle avait eu d'abord à nos yeux.

Nous avons cependant continué à en utiliser la notion, mais sous une forme qui, bien que fort importante, était moins voyante; elle nous a permis, en effet, dans l'étude ([5]) des *brefs* passages de chaleur dans un fluide par *bouffées de conduction*, de négliger tout effet proprement *convectif*, l'inertie maintenant, au début, le fluide dans son état de repos ou de mouvement forcé, et tout se réduisant à un phénomène de conduction *pure*, beaucoup plus abordable au calcul.

Nous tenons, en terminant, à souligner avec quelle facilité, dans les limites de la précision honorable des expériences, deux conceptions toutes différentes et même opposées (flux de chaleur initial ou *nul*, ou *infini*) avaient permis de traduire nos expériences de réchauffement spontané de grandes masses d'air, ce qui rappelle une fois de plus la décevante *souplesse* des expressions analytiques, et la prudence avec laquelle il faut accueillir l'*accord* entre une conception théorique et des expériences quantitatives de contrôle ([6]).

ÉLECTRICITÉ. — *Nouveau type de galvanomètre à cadre mobile à sensibilité réglable.* Note de M. **Gaston Dupouy**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons réalisé, dès 1940, un galvanomètre à cadre mobile, dont la sensibilité est réglable.

Le principe de cet instrument consiste à opposer au couple de torsion du galvanomètre classique, un couple antagoniste magnéto-cristallin, variable

---

([4]) P. Vernotte, *Compte rendus*, **198**, 1934, p. 57.

([5]) Cf. en particulier, P. Vernotte, *Science et Industrie*, janvier 1938.

([6]) P. Vernotte, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 809.

dans de larges limites. Celui-ci est dû à l'action d'un champ magnétique auxiliaire agissant sur un petit cristal fixé, dans le prolongement du ruban de suspension, sur l'axe de l'équipage mobile.

Considérons, par exemple, un cristal rhomboédrique de *sidérose* (CO_3Fe). Ce corps, paramagnétique, présente une forte anisotropie magnétique; ses coefficients d'aimantation ont respectivement pour valeur, à la température de 16°,7 : suivant l'axe ternaire : $\chi_1 = 104,5.10^{-6}$ et, selon une direction perpendiculaire : $\chi_2 = 56,6.10^{-6}$. Supposons, pour l'instant, que le cristal soit libre de se mouvoir dans un champ magnétique $\mathcal{H}$, autour d'un axe de rotation perpendiculaire à l'axe ternaire; celui-ci fait un angle initial θ_0 avec le champ $\mathcal{H}$. Dans ces conditions, nous savons qu'un cristal de masse m est soumis à un couple magnéto-cristallin de moment :

$$\mathfrak{M} = \frac{1}{2} m(\chi_1 - \chi_2)\mathcal{H}^2 \sin 2\theta_0.$$

Le couple est maximum pour $\theta_0 = \pi/4$. Il est nul pour $\theta_0 = \pi/2$ et $\theta_0 = 0$. Dans cette dernière position, l'axe de plus forte aimantation est parallèle au champ et l'équilibre est stable. Pour $\theta_0 = \pi/2$, au contraire, *l'équilibre est instable*. Dès qu'on fait tourner le cristal d'un tout petit angle ε autour de cette position, il s'en écarte et vient se fixer en $\theta'_0 = 0$, tournant ainsi de 90°. C'est cette instabilité de l'équilibre que nous utilisons dans le présent dispositif.

La rotation initiale sera provoquée par le passage du courant à mesurer dans le cadre de l'équipage, solidaire du cristal. Au couple moteur électromagnétique, s'ajoutera le couple $\mathfrak{M}$. En d'autres termes, celui-ci agira en sens inverse du couple de torsion. Mais l'appareil a-t-il une position initiale d'équilibre bien définie?

En général, si θ_0 a une valeur quelconque, comprise entre 0 et $\pi/2$, le cristal va tourner d'un angle ρ sous l'action du champ $\mathcal{H}$, et il prendra une position d'équilibre telle que les moments du couple magnéto-cristallin et du couple de torsion du ruban soient égaux et opposés. On a alors

$$\frac{1}{2} m(\chi_1 - \chi_2)\mathcal{H}^2 \sin 2(\theta_0 - \rho) = C\rho,$$

où C est la constante de torsion du ruban de suspension.

Dans le cas où $\theta_0 = \pi/2$, nous avons montré par ailleurs [1] le fait fondamental suivant : *tant que le champ est inférieur à la valeur* $\mathcal{H}_0 = C/m(\chi_1 - \chi_2)$, *le cristal garde sa position initiale d'équilibre*. Si cette condition est réalisée, la

---

[1] G. Dupouy, *Recherches expérimentales sur les propriétés magnétiques des cristaux. Contribution à la mesure des champs magnétiques*, Thèse, Paris, 1930; *Annales de Physique*, 10e série, 15, 1931, p. 495.

position d'équilibre de tout l'équipage, quand aucun courant ne passe dans le cadre (zéro de l'appareil), correspond bien à une torsion nulle du ruban de suspension.

Il va de soi qu'en faisant varier l'intensité du champ auxiliaire $\mathcal{H}$, de o à $\mathcal{H}_0$, on pourra régler le couple magnéto-cristallin dans de larges limites et, par suite, la sensibilité du galvanomètre. Ce résultat est obtenu en déplaçant un shunt magnétique, au moyen d'une vis, entre les pôles d'un aimant auxiliaire. Celui-ci est disposé sous l'aimant principal, dans l'entrefer duquel tourne le cadre.

Le cristal utilisé a la forme d'un petit cylindre, centré sur l'axe de rotation de l'équipage. Sa masse est d'environ 10^{mg}; l'accroissement du moment d'inertie de l'ensemble est donc négligeable.

Nous nous sommes attaché, par ce moyen, à accroître la sensibilité du galvanomètre, tout en conservant à l'appareil une résistance critique relativement faible.

Les résultats suivants ont été obtenus au moyen de deux instruments récemment construits au laboratoire par M. Coursaget qui en donnera, par ailleurs, une description détaillée.

Équipage n° 1 (résistance interne : 350 Ω).

Résistance critique (en Ω).	Action du cristal.	Période (sec.).	Sensibilité $\times 10^{-10}$ A.	Sensibilité $\times 10^{-8}$ V.
45	nulle..........	1,6	100	45
	maxima.......	6,0	13	6
250	nulle..........	1,9	25	60
	maxima.......	5,1	7	18

Équipage n° 2 (résistance interne : 100 Ω).

Résistance critique (en Ω).	Action du cristal.	Période (sec.).	Sensibilité $\times 10^{-10}$ A.	Sensibilité $\times 10^{-8}$ V.
100	nulle..........	5,0	12,2	12
	maxima.......	12,0	3,0	3
350	nulle..........	4,0	8,5	30
	maxima.......	6,5	4,0	14

Les sensibilités indiquées se rapportent à un déplacement du spot de 1^{mm} sur une règle placée à 1^{m}.

Les nombres ci-dessus sont ceux qui correspondent à une bonne fidélité de l'instrument. En fait, nous avons pu accroître les sensibilités bien au delà : l'action seule du couple magnéto-cristallin permet, par exemple, de les multiplier par 20. Mais la fidélité laisse alors à désirer, en raison de causes diverses. Leur étude détaillée permet d'espérer qu'on améliorera encore les qualités de l'instrument.

ÉLECTRICITÉ. — *Émission par effet couronne aux hautes températures et hautes pressions. Une généralisation de la loi de Paschen.* Note de MM. **Marcel Pauthenier** et **Jacques Rousse**, présentée par M. Aimé Cotton.

Jusqu'à ces derniers temps, l'effet couronne dans l'air n'avait été étudié que dans un domaine déterminé surtout par l'établissement des lignes de transport d'énergie électrique à haute tension. Les récentes utilisations de l'effet couronne nécessitent une expérimentation plus étendue et plus précise.

Nous présentons ici une contribution à l'étude de l'effet couronne dans l'air sec. Nos travaux, partant des conditions normales, s'étendent jusqu'à 200° C. et 6 atmosphères.

Nous avons mesuré les gradients critiques et relevé les courbes d'émission $i = f(U)$ jusqu'à $i = 5{,}7\ \mu A$/cm de fil émetteur dans un dispositif formé par deux cylindres coaxiaux ($R = 3^{cm}{,}075$ et $r = 0^{cm}{,}01$). Le cylindre extérieur est muni d'anneaux de garde.

Les mesures ont été réalisées en potentiel positif et ont porté : 1° sur des températures de 10 à 200° à la presssion normale; 2° sur des pressions de 1 à 6 atmosphères à la température normale; 3° sur l'effet combiné de la température et de la pression.

Les résultats sont les suivants : *a*. Les gradients critiques qui correspondent au seuil de l'effet couronne se traduisent par la formule

$$g_c = 30{,}5\,\delta + \frac{8{,}65\,\delta}{\sqrt{\delta r}},$$

dont la forme $[g_c = a\delta + (b\delta/\sqrt{\delta r})]$ est la même que pour les formules données (pour un domaine étroit de δ) par différents auteurs [1]. g_c, gradient critique en kV/cm; δ, densité relative de l'air avec $\delta = 1$ pour 76^{cm} de Hg et 25° C.; r, rayon du fil émetteur en centimètres.

b. *Dans le domaine très étendu* de température et de pression que nous avons étudié, c'est encore uniquement la masse spécifique de l'air qui détermine le gradient critique.

c. *La courbe d'émission* ne dépend elle-même que de la masse spécifique de l'air.

Les résultats b et c constituent une généralisation de la loi de Paschen au phénomène d'émission couronne : les phénomènes sont déterminés par le nombre de molécules de gaz par centimètre cube.

Au cours de ces travaux, nous avons étudié concurremment :

L'influence de la forme du potentiel : les potentiels positifs donnent seuls un seuil d'émission bien défini.

---

(1) Peek, *Les diélectriques*, 1924. (Townsend, passim.)

L'influence du rayon du fil émetteur pour des valeurs de r comprises entre $0^{cm},015$ et $0^{cm},0015$ et nous proposons dans ce domaine la forme

$$g_c = 62,7 + \frac{1,74}{r^{\frac{3}{4}}}$$

(r en cm, g_c en kV/cm).

L'influence du renouvellement de l'air : elle est nulle sur le seuil, mais pour une tension supérieure à la tension critique, un air renouvelé provoque, comme on peut s'y attendre, un débit ionique légèrement plus grand.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les discontinuités de potentiel entre un métal et un semi-conducteur liquide.* Note de M. **Jean-Louis Eck**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le passage d'un courant dans un semi-conducteur s'accompagne souvent de l'apparition de discontinuités de potentiel aux électrodes. Dans le cas des solides, Bodin [1] et Déchène [2] ont montré que ces chutes de tension ne pouvaient être attribuées à la formation de couches intermédiaires entre le métal et le semi-conducteur. Pour les liquides, Sambussy [3] admet au contraire que très souvent il se produit une oxydation du métal due aux traces d'humidité résiduelle, qui permet d'expliquer l'existence de chutes anodiques.

Les expériences que j'ai faites sur l'acétone et le nitro-benzène, avec diverses électrodes [4], m'ont permis de confirmer l'hypothèse de Sambussy, dans la plupart des cas. En effet, les anodes présentent souvent une attaque marquée, très visible en particulier pour le zinc, l'aluminium, le cuivre, le tantale, métaux pour lesquels apparaissent des chutes anodiques dès que la tension appliquée est suffisante (150 à 300 volts). D'autre part, les discontinuités correspondantes ne se créent que progressivement avec le passage du courant, alors qu'une oxydation préalable les fait apparaître immédiatement. Elles disparaissent lorsque après avoir nettoyé les électrodes on les replonge dans le liquide, et subsistent au contraire lorsque sans les sortir de la cuve, on rétablit le courant après une interruption de plusieurs jours. Enfin lorsqu'on inverse le courant, une discontinuité apparaît immédiatement à l'électrode devenue cathode.

Entre électrodes d'aluminium distantes de 2^{cm} sous 240 volts, j'ai obtenu les résultats suivants :

Avant inversion :

Discontinuité anodique — $V_a = 82$ volts,
Discontinuité cathodique — $V_c = 0$.

---

(1) *Annales de Physique*, **7**, 1927, p. 88.
(2) *Thèse*, Paris, p. 40.
(3) *Comptes rendus*, **192** et **193**, 1931 p. 490 et **194**, 1932, p. 1724.
(4) *Thèse*, Montpellier, 1944.

Aussitôt après inversion :

$$V'_c = 38 \text{ volts} - V'_a = 0.$$

Au bout de 152 heures, V'_c était réduite à 18 volts, ce qui peut s'expliquer par une réduction partielle de l'oxyde.

En admettant l'hypothèse d'une couche intermédiaire entre le métal et le semi-conducteur, on devrait, si cette couche ne subissait aucune modification, et si elle possédait une résistance bien définie, grande devant celle du liquide, vérifier que la discontinuité de potentiel correspondante est fonction linéaire de l'intensité. C'est ce que l'on observe avec l'aluminium où V_a atteint 300 volts pour $i = 80$ microampères. Mais cette loi n'est généralement pas vérifiée avec les autres métaux : avec le nickel, par exemple, la discontinuité anodique présente un maximum de 40 volts pour $i = 15$ microampères, entre électrodes distantes de 5^{cm}. Ces anomalies peuvent s'expliquer par le fait que les résistivités de l'oxyde et du liquide doivent être alors du même ordre de grandeur. Il faut également tenir compte du fait que la couche d'oxyde est susceptible de se modifier et qu'il existe une discontinuité de potentiel au contact métal-oxyde.

Des chutes de tension se manifestent aussi à la cathode avec certains métaux, en particulier le plomb et le platine. Avec celui-ci les discontinuités cathodiques sont d'autant plus marquées que les électrodes sont plus rapprochées. Elles peuvent atteindre 250 volts pour 1000 volts appliqués avec une distance de 2^{cm},5. Les discontinuités de potentiel entre le nitrobenzène et les cathodes de platine présentent les mêmes caractères que les chutes de tension observées aux anodes d'aluminium. Elles varient avec l'intensité d'une façon sensiblement linéaire. On peut donc penser qu'elles sont également provoquées par l'établissement d'une couche intermédiaire entre le métal et le semi-conducteur; sans doute s'agit-il d'hydrogène adsorbé par l'électrode, et provenant de l'électrolyse de l'humidité résiduelle. Cette hypothèse semble confirmée par le fait que ces chutes disparaissent lorsque le liquide a été préalablement soumis à un champ intense avant introduction de l'électrode, opération qui permet d'éliminer toute trace d'humidité.

Par contre certaines discontinuités de potentiel paraissent difficilement imputables à l'existence d'une couche intermédiaire. Elles se présentent sous une tension supérieure à 600 volts aux anodes de platine surtout lorsque celles-ci sont associées à des cathodes de nickel, et ne dépassent pas une cinquantaine de volts. Les chutes de tension que l'on observe aux cathodes de zinc, d'aluminium et de nickel sous tension suffisante, rentrent également dans cette catégorie. On peut les expliquer par la présence de charges spatiales dans le liquide au voisinage des électrodes, et leur appliquer le calcul fait par Déchène pour les semi-conducteurs solides. Il est d'ailleurs probable que les charges spatiales jouent un rôle même s'il existe une couche intermédiaire oxydée et qu'en définitive la discontinuité que l'on mesure alors est due à trois causes : discon-

tinuité au contact métal-oxyde, chute ohmique de tension dans la couche d'oxyde et discontinuité de potentiel due aux charges spatiales dans la portion du liquide avoisinant immédiatement l'électrode.

ONDES CENTIMÉTRIQUES. — *Antenne omnidirectionnelle à guide* E_{01} *fendu, pour ondes centimétriques.* Note de M. **Jean Benoit**, présentée par M. Aimé Cotton.

Alors que les systèmes rayonnants à fentes ont été très utilisés avec des guides rectangulaires, il existe peu d'antennes à guide circulaire fendu pour ondes centimétriques. Le système proposé ici met en œuvre une onde E_{01} guidée par un tube circulaire d'axe vertical.

Les premiers essais ont été réalisés entre 8,5 et 11^{cm} de longueur d'onde (oscillateur à klystron reflex); le guide a un diamètre intérieur de 10^{cm}; l'onde E_{01} est purifiée par un filtre d'onde; la terminaison du guide peut, si besoin est, être obtenue par un cône en bois d'angle au sommet suffisamment petit. On a choisi l'onde E_{01} à cause de sa symétrie de révolution autour de l'axe du guide, et de la simplicité des lignes de courant qu'elle crée dans la paroi du guide (lignes longitudinales seulement).

1° *Obtention d'un faisceau à diagramme vertical étroit.* — Un élément rayonnant est constitué par une fente résonnante de longueur à peu près égale à $\lambda_0/2$ (λ_0 longueur d'onde *dans l'air*) coupant les lignes de courant longitudinales sous un angle θ différent de 0°; cet angle ne dépasse pas 20° en pratique. Une telle fente constitue une impédance en série sur le guide.

On taille une série de n fentes identiques à la première. Leurs centres sont disposés sur une même génératrice du tube à des distances $\lambda_g/2$ (λ_g longueur d'onde *dans le guide*) : leurs inclinaisons sont successivement $-\theta$, $+\theta$, $-\theta$, etc. Par suite de cette disposition, toutes les fentes se trouvent alimentées en phase.

L'alignement des fentes est donc analogue à un *réseau colinéaire* d'antennes demi-ondes en phase. Le diagramme de rayonnement dans un plan vertical comportera donc un lobe principal normal à la paroi du guide et d'autant plus fin que le nombre de fentes est plus grand. En outre, si le nombre n de fentes est pair, le champ électrique maximum est parfaitement polarisé horizontalement.

On trouve d'ailleurs que si $n \geqq 4$, tout le lobe principal est à polarisation horizontale. Sur les lobes latéraux les plus intenses le champ est polarisé verticalement. On peut diminuer ces lobes en répartissant convenablement l'intensité du couplage de l'alignement des fentes, c'est-à-dire en choisissant une valeur non uniforme de θ le long de l'alignement.

Enfin, si l'écartement entre deux fentes est supérieur à $\lambda_g/2$, le lobe principal dans le plan méridien est incliné par rapport à la normale à la paroi du guide.

2° *Obtention d'un faisceau de révolution autour de l'axe du guide.* — Le diagramme horizontal d'une antenne demi-onde verticale est un cercle centré sur cette antenne.

Pour une fente inclinée de θ, le diagramme horizontal doit ressembler à un demi-cercle. On observe pratiquement, une sorte de cardioïde avec un petit lobe de rayonnement arrière.

Pour avoir un diagramme horizontal circulaire centré sur l'axe du guide, il suffit de tailler sur tout le tour du guide, à un même niveau, n' fentes d'inclinaisons θ identiques.

Avec $n' = 2$, 4 ou 6, on observe une rosace ayant des maxima et minima très différents. Avec $n' = 8$ l'écart entre minima et maxima par rapport au cercle moyen ne dépasse pas $\pm 5\%$ dans les conditions de l'essai (diamètre du tube 10^{cm}; $\lambda_0 = 8^{\text{cm}},8$); le diagramme est donc très sensiblement circulaire.

En résumé, l'antenne proposée fournit un faisceau omnidirectionnel concentré suivant le plan horizontal ou suivant les génératrices d'un cône ayant pour axe celui du guide.

Le champ dans le faisceau principal est polarisé horizontalement, celui des lobes latéraux gênants est vertical. Ce fait permet, si le récepteur est à polarisation horizontale, de bénéficier au maximum de la directivité de l'antenne et d'ignorer complètement les lobes latéraux gênants.

Cette étude préliminaire générale est poursuivie systématiquement en détail.

OPTIQUE. — *Sur la réflexion et la transmission d'une onde plane par une lame absorbante.* Note de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Je me propose de donner, dans ce qui suit, les formules générales relatives à la réflexion et à la transmission d'une onde monochromatique plane à travers une lame isotrope quelconque (absorbante ou non). Ces formules manquent, à ma connaissance, dans la littérature, pourtant déjà si vaste, sur ce sujet. Pour plus de généralité, je supposerai les milieux doués de perméabilité magnétique (μ_i quelconque). J'utiliserai les notations déjà employées ([1]) en y remplaçant θ_i par φ_i. De plus, je poserai $n_m = \nu_m - i\chi_m$; $n_m \cos\varphi_m = p_m - iq_m$; $r_m = \rho_m e^{i\theta_m}$; $t_m = \tau_m e^{i\psi_m}$; $\exp[i\alpha_1] = \exp[i4\pi(p_1 - iq_1)e_1/\lambda] = \exp[\gamma + i\delta]$. Avec ces notations, on a

$$ {}_1r = \frac{\rho_1 e^{\gamma} e^{i(\theta_1+\delta)} + \rho_2 e^{i\theta_2}}{e^{\gamma+i\delta} + \rho_1\rho_2 e^{i(\theta_1+\theta_2)}}; \qquad {}_1t = \frac{\tau_1\tau_2 e^{\frac{\gamma}{2}} e^{i\left(\psi_1+\psi_2+\frac{\delta}{2}\right)}}{e^{\gamma+i\delta} + \rho_1\rho_2 e^{i(\theta_1+\theta_2)}} e^{\frac{i2\pi n_2 e_1 \cos\varphi_2}{\lambda}}, $$

d'où

$$ R_1 = \frac{\rho_1^2 e^{2\gamma} + \rho_2^2 + 2\rho_1\rho_2 e^{\gamma}\cos(\theta_1 - \theta_2 + \delta)}{e^{2\gamma} + \rho_1^2\rho_2^2 + 2\rho_1\rho_2 e^{\gamma}\cos(\theta_1 + \theta_2 - \delta)}; $$

$$ T_1 = \frac{n_2\cos\varphi_2}{n_0\cos\varphi_0}\,\frac{\tau_1^2\tau_2^2 e^{\gamma}}{e^{2\gamma} + \rho_1^2\rho_2^2 + 2\rho_1\rho_2\cos(\theta_1 + \theta_2 - \delta)}, $$

$$ A_1 = 1 - R_1 - T_1 = \frac{(1-\rho_1^2)(e^{2\gamma} - \rho_2^2) + \left[4\rho_1\rho_2 \sin\theta_1 \sin(\delta - \theta_2) - \frac{n_2\cos\varphi_2\tau_1^2\tau_2^2}{n_0\cos\varphi_0}\right]e^{\gamma}}{e^{2\gamma} + \rho_1^2\rho_2^2 + 2\rho_1\rho_2 e^{\gamma}\cos(\theta_1 + \theta_2 - \delta)} $$

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 891.

A_1 représente le facteur d'absorption de la lame (rapport entre l'énergie dissipée dans la lame et l'énergie incidente).

Je crois utile de donner maintenant l'expression des coefficients de Fresnel généralisés, qui manquent, pour la plupart, dans la littérature ([2]). Je suppose qu'il y a deux milieux absorbants au contact. On a

$$r_{m\parallel}=\frac{\left\{\begin{array}{l}\mu_m[(\nu_{m-1}^2-\chi_{m-1}^2)p_m-2\nu_{m-1}\chi_{m-1}q_m]-\mu_{m-1}[(\nu_m^2-\chi_m^2)p_{m-1}-2\nu_m\chi_m q_{m-1}]-i\\ \times\{\mu_m[(\nu_{m-1}^2-\chi_{m-1}^2)q_m+2\nu_{m-1}\chi_{m-1}p_m]-\mu_{m-1}[(\nu_m^2-\chi_m^2)q_{m-1}+2\nu_m\chi_m p_{m-1}]\}\end{array}\right\}}{\left\{\begin{array}{l}\mu_m[(\nu_{m-1}^2-\chi_{m-1}^2)p_m-2\nu_{m-1}\chi_{m-1}q_m]+\mu_{m-1}[(\nu_m^2-\chi_m^2)p_{m-1}-2\nu_m\chi_m q_{m-1}]-i\\ \times\{\mu_m[(\nu_{m-1}^2-\chi_{m-1}^2)q_m+2\nu_{m-1}\chi_{m-1}p_m]+\mu_{m-1}[(\nu_m^2-\chi_m^2)q_{m-1}+2\nu_m\chi_m p_{m-1}]\}\end{array}\right\}}=\frac{N_{\parallel}}{D_{\parallel}},$$

$$t_{m\parallel}=\frac{2\mu_m(\nu_{m-1}-i\varkappa_{m-1})(\nu_m-i\varkappa_m)(p_{m-1}-iq_{m-1})}{D_{\parallel}},$$

$$r_{m\perp}=\frac{\mu_m p_{m-1}-\mu_{m-1}p_m-i(\mu_m q_{m-1}-\mu_{m-1}q_m)}{\mu_m p_{m-1}+\mu_{m-1}p_m-i(\mu_m q_{m-1}+\mu_{m-1}q_m)},$$

$$t_{m\perp}=\frac{2\mu_m(p_{m-1}-iq_{m-1})}{\mu_m p_{m-1}+\mu_{m-1}p_m-i(\mu_m q_{m-1}+\mu_{m-1}q_m)}.$$

Les expressions des r_m dans le cas de deux milieux absorbants au contact sont utiles dans le cas où la lame et le support sont absorbants. Celles des t_m seront utiles lorsqu'on envisagera un empilement de lames, parmi lesquelles il y en a deux absorbantes au contact, sur support transparent. Je les donne ici pour garder la généralité des formules et parce qu'elles ne sont pas trop compliquées.

Toutes ces formules n'ont un sens que si le premier milieu est transparent. Dans ce cas, $p_m^2-q_m^2=\nu_m^2-\chi_m^2-n_0^2\sin^2\varphi_0$; $p_m q_m=\nu_m\chi_m$. Dans le cas d'un milieu transparent en réflexion non totale $p_m=n_m\cos\varphi_m$; $q_m=0$. Pour le même milieu en réflexion totale $p_m=0$; $q_m=(n_0^2\sin^2\varphi_0-n_m^2)^{1/2}$.

COLORIMÉTRIE. — *Sur la production de lumière blanche avec le maximum théorique d'économie.* Note ([1]) de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Jean Becquerel.

L'efficacité lumineuse spécifique des sources actuelles de lumière blanche est de l'ordre de 15 à 30 lumens par watt pour les lampes à incandescence, de plus de 40 pour les lampes fluorescentes; on peut obtenir bien davantage en théorie, et la Note actuelle a pour but de rechercher par le calcul le maximum d'efficacité d'une source de lumière blanche.

Une première méthode pour réaliser de la lumière blanche consiste à utiliser une source qui émette uniquement *deux* radiations monochromatiques complémentaires. Si l'on adopte pour observateur de référence les données classiques

---

([2]) Seule la formule donnant $r^{m\perp}$ a été donnée par Arzeliès (*Ann. de Phys.* **2**, 1947, p. 162).

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

préconisées par le Congrès International de l'Éclairage (1931) et pour lumière blanche la source étalon C définie par le même Congrès, on trouve que le flux total d'énergie, nécessaire pour reproduire l'aspect de un lumen de lumière blanche C à partir de deux radiations complémentaires, est minimum pour le couple 450-569$^{m\mu}$; l'efficacité lumineuse spécifique d'une telle source atteindrait presque 400 lumens par watt, mais l'éclairage ainsi réalisé serait désagréable : l'absence de radiations de grande longueur d'onde modifierait l'aspect des objets rouges, qui tourneraient au brunâtre.

Pour remédier à ce défaut, on pourrait songer à une source qui émettrait *trois* radiations monochromatiques (bleue, verte et rouge); comment les choisir pour réaliser de la lumière blanche avec le maximum d'économie ? Le problème consiste à répartir une énergie totale unité entre trois longueurs d'onde λ_1, λ_2 et λ_3 :

$$E_1 + E_2 + E_3 = 1, \tag{1}$$

de telle façon que, d'une part, on obtienne de la lumière blanche, ce qui peut s'écrire :

$$\bar{x}_1 E_1 + \bar{x}_2 E_2 + \bar{x}_3 E_3 = \bar{y}_1 E_1 + \bar{y}_2 E_2 + \bar{y}_3 E_3 = \bar{z}_1 E_1 + \bar{z}_2 E_2 + \bar{z}_3 E_3 = \frac{F}{K_0}, \tag{2}$$

les $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ désignant les coefficients de distribution classiques, F le flux lumineux, K_0 le coefficient de visibilité maximum (664 lumens par watt), et les égalités (2) exprimant qu'on réalise la lumière blanche dite *spectre d'égale énergie*, qui se trouve au centre du diagramme chromatique; et que, d'autre part, le flux lumineux F soit maximum; en différentiant (2), il vient :

$$\bar{x}_1 dE_1 + \bar{x}_2 dE_2 + \bar{x}_3 dE_3 + E_1 \frac{d\bar{x}_1}{d\lambda_1} d\lambda_1 + E_2 \frac{d\bar{x}_2}{d\lambda_2} d\lambda_2 + E_3 \frac{d\bar{x}_3}{d\lambda_3} d\lambda_3 = \frac{dF}{K_0}, \tag{3}$$

et des équations identiques en $\bar{y}$ et $\bar{z}$. On conduira le calcul de la façon suivante : on choisira arbitrairement trois longueurs d'onde de départ, par exemple $\lambda_1 = 460\,m\mu$, $\lambda_2 = 530$, $\lambda_3 = 620$, en résolvant (1) et (2) on en tire les valeurs des E, à savoir :

$$E_1 = 0{,}268 \text{ watt}; \qquad E_2 = 0{,}349; \qquad E_3 = 0{,}383; \qquad F = 307 \text{ lumens}.$$

On déterminera les valeurs des dérivées $d\bar{x}/d\lambda$ sur une table donnant les $\bar{x}$ par intervalles de 1 mμ, telle que celle de A. C. Hardy [2]; on peut alors résoudre les trois équations (3) et en tirer les valeurs de dE_1, dE_2 et dE_3 en fonction des $d\lambda$; en reportant dans l'équation obtenue en différentiant (1), à savoir :

$$dE_1 + dE_2 + dE_3 = 0,$$

---

[2] *Handbook of Colorimetry*, Cambridge, Massachusetts, 1936.

on obtient finalement une expression de la forme :

$$dF = A_1 d\lambda_1 + A_2 d\lambda_2 + A_3 d\lambda_3,$$

les A désignant des facteurs numériques. Si les trois longueurs d'onde choisies se trouvaient par hasard répondre à la condition du flux F maximum, les A seraient nuls; ils ne le sont pas, et en fait on trouve pour A_1 et A_3 des valeurs négatives, pour A_2 une valeur positive; il faut donc diminuer λ_1 et λ_3 et augmenter λ_2; on recommencera donc la même opération avec : $\lambda_1 = 450^{m\mu}$; $\lambda_2 = 540^{m\mu}$; $\lambda_3 = 600^{m\mu}$, et l'on obtient cette fois :

$E_1 = 0{,}298$ W; $E_2 = 0{,}378$ W; $E_3 = 0{,}324$ W; F = 355 lumens.

Le facteur A_1 est cette fois pratiquement nul, tandis que A_2 et A_3 gardent les signes précédents, et il en est ainsi jusqu'à ce que λ_2 et λ_3 aient atteint leur limite commune, vers $571^{m\mu}$ (la différence avec la valeur 569 ci-dessus provient d'une autre convention sur la lumière blanche). C'est donc bien la source émettant *deux* radiations complémentaires seulement qui est la plus économique; mais en pratique il serait déjà très intéressant de pouvoir réaliser une source à trois radiations, par exemple la seconde des sources qui ont servi dans notre calcul.

SPECTROSCOPIE. — *Sur un mécanisme réactionnel impliquant les radicaux libres* C_2, CH, *et* OH. Note [1] de MM. **Guy Pannetier** et **Alfred G. Gaydon**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans la flamme d'un hydrocarbure brûlant dans l'oxygène ou dans l'air, l'analyse spectrale permet de mettre en évidence des systèmes de bandes caractéristiques des radicaux libres CH et C_2 [2]. Mais ces systèmes définissant soit C_2 (2,0-4382 Å; 1,0-4737 Å; 0,-1 5635 Å), soit CH (0,0-4315 Å), apparaissent en général en même temps. On en était donc réduit à de simples hypothèses concernant la provenance respective de ces radicaux. L'un d'entre nous [3] constatant que dans les flammes des hydrocarbures à basse pression, l'apparition des bandes du radical C_2 précède celle de CH, avait suggéré que le radical C_2 pouvait être formé d'abord (sans doute par polymérisation de l'hydrocarbure suivie de décomposition thermique), puis qu'il réagissait sur le radical OH pour former le radical CH et de l'oxyde de carbone. Mais aucune éventualité n'avait été envisagée jusqu'à présent permettant de décider sûrement entre ces mécanismes. Les expériences que nous allons décrire permettent de lever une partie de ces doutes.

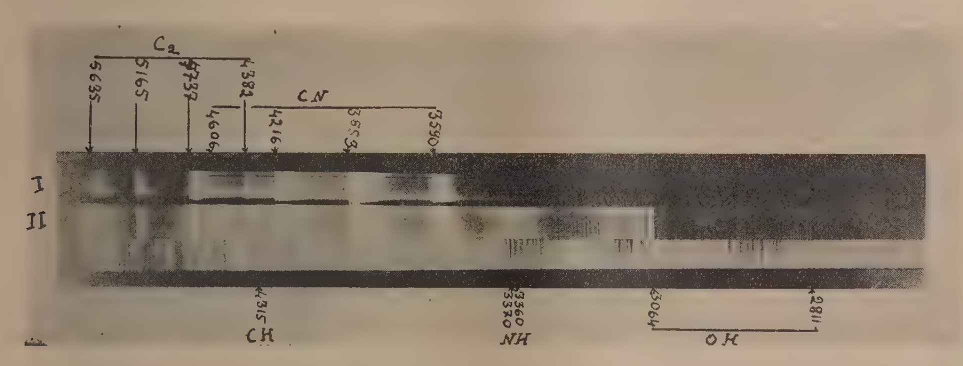
---

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) A. G. Gaydon, *Spectroscopy combustion theory*, London, 1942.

(3) A. G. Gaydon et R. G. Wolfhard, *Trans. Farad. Soc.*, Meeting, october 1947.

Nous avons préparé du cyanogène pur et sec soit par pyrogénation au rouge du cyanure de mercure, soit par chauffage à 170° d'un mélange convenable de cyanure de zinc et de chlorure cuivrique anhydride (4). Nous avons fait brûler ce cyanogène préalablement desséché sur anhydride phosphorique dans une atmosphère d'oxygène également desséchée dans les mêmes conditions. En prenant ces précautions, l'analyse du spectre de la flamme ne fait apparaître que les radicaux C_2 et CN (1,0-3590 Å; 0,0-3883 Å; 0,1-4216 Å; 0,2-4606 Å) (spectre I). La brillance de la flamme est par ailleurs très grande et son éclat



très blanc. Si l'on fait préalablement barboter dans de l'eau à 25°C. l'oxygène dans lequel brûle le cyanogène, la brillance totale de la flamme diminue considérablement et il apparaît les raies des radicaux libres NH (0,0-3360 Å; 1,1-3370 Å), OH (1,0-2811 Å; 0,0-3064 Å) et CH (spectre II). On obtient le même résultat en conservant l'oxygène pur et sec, mais en incorporant de l'hydrogène sec au cyanogène. Que ce soit dans l'un ou l'autre cas, on observe dans le cône extérieur de la flamme la présence de la flamme bleue de l'oxyde de carbone brûlant pour donner du gaz carbonique; ceci est une preuve évidente du mécanisme

$$C_2^* + OH \rightarrow CO + CH^*,$$

ou de

$$C_2^* + OH^* \rightarrow CH^* + CO,$$

quoique le premier schéma soit davantage probable que le second, car la probabilité pour avoir des groupements OH^* est plus faible que celle d'avoir des groupements OH. Ces mécanismes n'excluent pas

$$C_2^* + H_2O \rightarrow CO + CH^* + H.$$

On peut également considérer comme prouvée la combinaison

$$C_2^* + H_2 \rightarrow 2CH^*.$$

---

(4) VARET, *Comptes rendus*, 106, 1888, p. 1080.

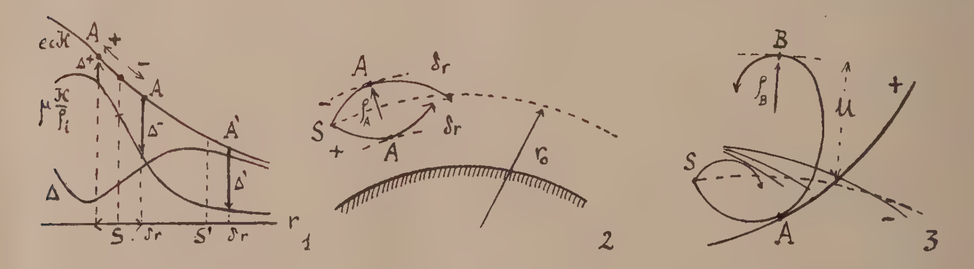
On peut également déduire de la lecture du spectre et pour interpréter l'affaiblissement des bandes de CN la réaction

$$CN^* + OH \rightarrow NH^* + CO.$$

Nous reviendrons ultérieurement sur l'émission de la flamme du cyanogène avec et sans hydrogène pour essayer d'interpréter la variation de l'énergie rayonnée dans l'un et l'autre cas. Notons cependant que le spectre II correspond, toutes choses égales d'ailleurs, à une exposition de 90 secondes pour du cyanogène sec brûlant dans de l'oxygène pur barbotant dans de l'eau à 70° (pour augmenter la quantité d'eau entraînée) alors que le spectre I correspond à une exposition de 2 secondes.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Spectrographe magnétique à caustiques pour particules du type électrino.* Note [1] de M. **Jean Thibaud** présentée par M. Maurice de Broglie.

J'ai décrit [2] l'aspect des enveloppes des familles de trajectoires périodiques dans un champ magnétique à symétrie radiale, pour des particules légères, douées à la fois d'une charge e et d'un moment magnétique μ. Sans aborder des calculs compliqués, ultérieurement publiés, on peut amorcer une discussion qui nous conduira à des conclusions utilisables pour l'interprétation des faits expérimentaux, en se bornant à la recherche des trajectoires dans le plan équatorial du champ, pour des particules positives et négatives dont les moments magnétiques seraient orientés respectivement parallèlement et antiparallèlement au champ. Soient (*fig.* 1, cas de pièces polaires cylindriques)



les valeurs en fonction du rayon r, du champ $\mathcal{H}$, de son gradient, et de la résultante Δ des forces appliquées, le gradient radial étant donné par $\mathcal{H}/\rho_i$, si ρ_i est le rayon de courbure des lignes de forces magnétiques. Nous utiliserons ces données pour étudier les variations du rayon de courbure ρ_A

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 999.

des trajectoires aux points du champ tels que A (*fig.* 2) où la vitesse de la particule est perpendiculaire au rayon r.

1° *Influence de la position* S *de la source* (*particules négatives*). — Pour que les trajectoires négatives soient périodiques et possèdent des enveloppes rapprochées, il faut que le rayon de courbure ρ_A soit inférieur à r_0 (*fig.* 2). Or pour une particule d'énergie initiale E_0 gagnant $\mu\,\delta\mathcal{H}$ dans le champ

(1) $$\rho_A = (E_0 + \mu\,\delta\mathcal{H}) : \Delta, \quad \text{avec} \quad \Delta = \mathcal{H}\left(ec - \frac{\mu}{\rho_i}\right).$$

D'où la condition

(2) $$E_0 < r_0\Delta - \mu\,\delta\mathcal{H}.$$

Le second membre de cette inégalité étant fonction du champ $\mathcal{H}$, une sélection s'opérera dans le spectre continu E_0 des particules : pour chaque position de la source et pour chaque valeur du champ, seules seront périodiques les trajectoires dont l'énergie initiale sera inférieure à la limite (2). Ainsi, la pénétration dans un écran matériel des caustiques obtenues augmentera avec l'intensité du champ magnétique, pour une position déterminée de S.

2° *Concentration négative périphérique.* — La position de S étant fixée, comment variera le rayon ρ_A lorsque la trajectoire s'éloigne de δr suivant le rayon (*fig.* 2)? On voit, d'après (1) que le rôle de Δ sera déterminant : pour les particules négatives dont le point figuratif A s'éloigne vers les rayons r croissants, Δ augmente rapidement (*fig.* 1); pour les positives, au contraire, A se dirigeant vers la gauche, Δ diminue d'abord. Ainsi avec les trajectoires négatives dont le rayon ρ_A décroît rapidement, à énergie E_0 égale, les enveloppes ne sauront s'élever beaucoup au-dessus du cercle r_0, et donneront une impression d'aplatissement sur ce cercle, qui ne s'observe pas pour les caustiques positives (*fig.* 3) : il en résulte une concentration périphérique des particules négatives sur r_0, simulant un mouvement stationnaire. Cette concentration sera d'ailleurs d'autant plus aiguë que l'énergie des particules sera plus faible, en vertu de (1). Si, de plus, nous déplaçons la source vers les rayons croissants (*fig.* 1) de S en S′, pour un même écart δr le rayon ρ_A diminuera davantage par suite de la grande augmentation de Δ. Ainsi l'amincissement des caustiques sera-t-il plus appréciable en S′ : la concentration négative périphérique augmente encore lorsque la source sera éloignée vers l'extérieur.

3° Passant maintenant au cas des particules *positives* orientées *parallèlement*, recherchons les conditions dans lesquelles la trajectoire deviendra périodique et se refermera en B avec le rayon ρ_B (*fig.* 3). Admettant, pour simplifier, un champ $\mathcal{H}$ décroissant linéairement, $\mathcal{H}_B = \mathcal{H}_0 - bu$, on aura en B, à la distance radiale u de S,

$$\rho_B = \frac{E_0 - \mu\,\delta\mathcal{H}}{\mathcal{H}_B\left(ec + \dfrac{\mu}{\rho_i}\right)} = \frac{\dfrac{E_0}{bu} - \mu}{\dfrac{\mathcal{H}_0}{bu} - 1} \times \frac{1}{ec + \dfrac{\mu}{u}},$$

en remarquant qu'en fait $\rho_i \simeq u$. Le premier facteur est quasi-indépendant de u, E_0 étant de l'ordre de grandeur de $\mu\mathcal{H}_0$, tandis que le second croît lorsque u augmente. Ainsi, pour les champs utilisés, le rayon de courbure ρ_B de la trajectoire augmentera lorsque B s'élève au-dessus de S. Le calcul montre que si l'énergie initiale E_0 varie d'une façon continue, l'ordonnée du point B croît plus rapidement que son abscisse, en sorte que le lieu du sommet B des boucles présente une courbure concave vers le haut lorsque E_0 augmente : les enveloppes des trajectoires positives présenteront elles-mêmes cette courbure concave [*fig.* 4 de la Note (²)].

Conclusion. — On peut prévoir ainsi : pour les particules négatives antiparallèles, une concentration périphérique apparente autour des pôles, devant se traduire sur des sections radiales par des arcs minces; concentration d'autant plus manifeste que la source sera disposée dans des régions plus lointaines du champ, et qui sélectionnera des groupes d'énergie dont la pénétration matérielle croîtra avec le champ quand S est fixe. Pour les particules positives parallèles : des caustiques périodiques, cette fois nettement séparées et non aplaties, à courbure concave vers le haut, et dont on pourrait déceler les sections par le plan équatorial.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la masse des particules de la composante pénétrante du rayonnement cosmique.* Note (¹) de MM. **Michel Lhéritier, Charles Peyrou** et **André Lagarrigue**, présentée par M. Maurice de Broglie.

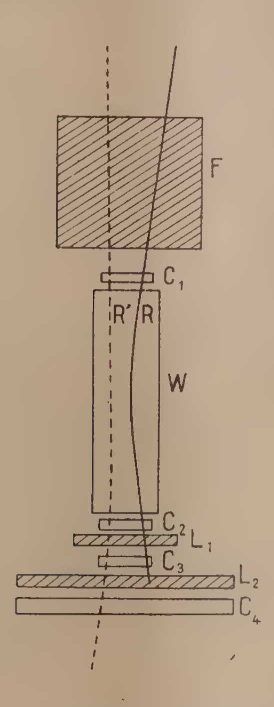
Au Laboratoire de l'Argentière-la-Bessée, à 1000^m d'altitude, nous avons effectué une expérience destinée à mesurer la masse des mésons de la composante pénétrante du rayonnement cosmique.

La figure donne le schéma de l'expérience. W est une chambre de Wilson de 80^{cm} de haut placée dans un champ magnétique de 1400 gauss; C_1, C_2, C_3, C_4 des compteurs d'électrons; L_1 et L_2 des absorbants de plomb de 4^{cm} d'épaisseur chacun. F est une masse de plomb de 72^{cm} d'épaisseur, qui filtre le rayonnement.

La chambre est commandée par les coïncidences triples C_1, C_2, C_3; un dispositif de lampe témoin enregistrait les coïncidences quadruples C_1, C_2, C_3, C_4. Une coïncidence triple non accompagnée d'une quadruple doit donc être attribuée à une particule s'arrêtant dans l'écran L_2 (la surface couverte par les compteurs C_4 était 15 fois plus grande que celles des autres compteurs, une particule sortant de L_2 ne pouvait échapper à C_4 que par des angles de scattering très anormaux). Une particule photographiée dans la chambre et

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

s'arrêtant dans L_2, c'est-à-dire dont le parcours est compris entre L_1 et $L_1 + L_2$ cm. de plomb doit avoir une impulsion (mesurée par la courbure dans le champ magnétique) comprise entre I_1 et I_2 : I_1 impulsion correspondant au



parcours L_1 et I_2 au parcours $L_1 + L_2$. I_1 et I_2 dépendent de la valeur admise pour la masse. Inversement, la mesure expérimentale de I_1 et I_2 permet de mesurer la masse.

Sur un total de 3000 rayons photographiés, 33 ont été enregistrés comme s'arrêtant dans L_2 (analogue au rayon R de la figure); leurs impulsions sont réparties à peu près uniformément dans une bande allant de 160 MeV à 265 MeV. La zone des impulsions des particules enregistrées et ayant traversé les deux écrans L_1, L_2, tel le rayon R′, commence à 230 MeV et s'étend jusqu'à l'infini. Le fait qu'il n'y ait aucune particule, ayant une impulsion plus petite que 230 MeV et traversant L_1 et L_2, montre qu'aucune des particules enregistrées n'avait une masse nettement inférieure à 200 fois la masse de l'électron. Parmi les particules dont l'impulsion est comprise entre 230 et 265 MeV, un peu plus de la moitié s'arrête dans L_2, les autres traversant L_1 et L_2. Ceci ne peut être attribué à des fluctuations du parcours réel de la particule dans le plomb, car ces fluctuations seraient de plus de 2^{cm} de plomb.

Il serait, à la rigueur, possible d'attribuer ce mélange de particules arrêtées et non arrêtées aux erreurs dans la mesure des rayons de courbure, en parti-

culier à celles dues au scattering multiple dans le gaz de la chambre. Ces erreurs ayant un caractère symétrique, on sera conduit à prendre pour I_2 une valeur voisine de 245 MeV, et pour I_1 une valeur correspondante de 180 MeV. Les résultats pourraient donc être considérés, à la rigueur, comme cohérents avec une particule de masse unique égale à 250 fois la masse de l'électron.

Toutefois, les résultats expérimentaux s'interprètent mieux si l'on admet l'existence, en quantité à peu près égale dans la partie du spectre étudiée, de deux particules. L'une aurait pour masse environ 200 fois la masse de l'électron ($I_1 = 160$ MeV, $I_2 = 220$ MeV) en accord avec les mesures de Fretter ([2]). A l'autre particule, plus lourde, on serait conduit à attribuer une masse voisine de 300 ($I_1 = 195$ MeV, $I_2 = 260$ MeV) et presque sûrement inférieure à 350.

Cette hypothèse doit être rapprochée de la découverte des mésons doubles dans les plaques photographiques, par Lattès, Muirhead, Occhialini et Powell ([3]).

Cette interprétation n'est pas *a priori* en contradiction avec les résultats de Fretter. Grâce à la présence au-dessus de la chambre d'une grande épaisseur de plomb, les mesures de masse sont effectuées sur des particules arrivant avec une grande énergie (>1000 MeV). La chance de détecter ainsi des particules instables est plus grande que si le filtre de plomb était de plus petite dimension.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination des moments dipolaires des acétophénones substituées sur le groupe* CH_3. Note de M. **Claude Cherrier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons déterminé les moments dipolaires de l'acétophénone et de 9 cétones obtenues en chargeant le groupe CH_3 avec des radicaux méthyl, éthyl et allyl. Ces déterminations ont été faites dans le benzène rigoureusement exempt de thiophène. Pour chaque substance nous avons fait plusieurs expériences avec des solutions de concentrations molaires différentes de 0,07 à 0,01 pour le soluté. Nous déterminons la différence du pouvoir inducteur spécifique de la solution et du solvant, ainsi que la différence entre les indices de réfraction et nous calculons la polarisation due aux dipôles permanents au moyen de la formule

$$P_1 = P\left(\frac{3\frac{\Delta\varepsilon}{6}}{\varepsilon^2+\varepsilon-2} - \frac{6n\frac{\Delta n}{6}}{n^4+n^2-2}\right),$$

où c est la concentration molaire du soluté dans la solution; $\Delta\varepsilon$ et Δn les diffé-

---

([2]) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 625.

([3]) C. M. Lattès, H. Muirhead, G. P. S. Occhialini et C. F. Powell, *Nature*, 159, 1947, p. 694.

rences entre les pouvoirs inducteurs spécifiques de la solution et du solvant; les constantes P, ε, n, relatives au benzène, sont données par Muller [1]

$$P = 26,62; \qquad n = 1,4942; \qquad \varepsilon = 2,264 \text{ D. K.}$$

Le moment dipolaire est donné par la formule classique de Debye

$$\mu^2 = P \frac{T}{0,615 \,.\, 10^{40}} \text{ en unités Debye.}$$

P, polarisation due aux dipôles permanents; T, température absolue. Nous avons obtenu les résultats suivants :

P_1 est la polarisation due aux dipôles permanents obtenue en faisant la moyenne des différentes déterminations pour la même substance. La valeur en unités C. G. S. du moment dipolaire μ est multipliée par 10^{18}.

1° Acétophénone : $P_1 = 179 \pm 3$; $\mu 10^{18} = 2,96 \pm 0,02$;
2° Méthylacétophénone : $P_1 = 169 \pm 2$; $\mu 10^{18} = 2,88 \pm 0,02$;
3° Éthylacétophénone : $P_1 = 163 \pm 3$; $\mu 10^{18} = 2,83 \pm 0,03$;
4° Diméthylacétophénone : $P_1 = 170 \pm 1$; $\mu 10^{18} = 2,89 \pm 0,01$;
5° Éthylallylacétophénone : $P_1 = 160 \pm 1$; $\mu 10^{18} = 2,80 \pm 0,01$;
6° Triméthylacétophénone : $P_1 = 149,5 \pm 1$; $\mu 10^{18} = 2,70 \pm 0,01$;
7° Diméthylallylacétophénone : $P_1 = 146,5 \pm 1$; $\mu 10^{18} = 2,68 \pm 0,01$;
8° Méthyléthylallylacétophénone : $P_1 = 156 \pm 1$; $\mu 10^{18} = 2,77 \pm 0,01$;
9° Diéthylallylacétophénone : $P_1 = 144 \pm 3$; $\mu 10^{18} = 2,66 \pm 0,01$;
10° Diallyléthylacétophénone : $P_1 = 144 \pm 1,5$; $\mu 10^{18} = 2,66 \pm 0,01$.

Ces déterminations ont été faites avec l'installation de F. Wurstlin. La valeur du moment dipolaire de la méthyléthylallylacétophénone est donnée sous toutes réserves, ce corps pouvant contenir une très légère impureté. Quant à l'éthylacétophénone, susceptible d'énolisation, le moment dipolaire est due à la liaison C = O pour la forme cétonique et aux liaisons C — OH et C = C pour la forme énolique. Nous voyons en première approximation que l'influence des substituants sur le CH_3 a pour effet de diminuer la valeur du moment dipolaire, que l'on doit, pour les composés décrits, attribuer uniquement à la liaison C = O (lorsque le composé possède un groupe allyle l'apport dû à la liaison C = C dans la valeur du moment dipolaire est négligeable vis-à-vis de l'apport dû à la liaison C = O).

---

(1) MULLER, *Physik. Zeitschrift*, 38, 1937, p. 283-292.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Préparation et propriétés du fluochlorobromure de thiophosphoryle. Spectres Raman des fluodibromure, fluodichlorure et fluochlorobromure de thiophosphoryle.* Note de M[lle] **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons préparé le fluochlorobromure de thiophosphoryle PSFClBr encore inconnu, par la méthode que nous avons déjà utilisée pour obtenir le fluochlorobromure de phosphoryle POFClBr (1). Elle consiste à fluorer un chlorobromure de thiophosphoryle en opérant comme pour la fluoration de $PSBr_3$ (2) : l'agent fluorant est SbF_3, et il est inutile d'employer un catalyseur. Avec $PSClBr_2$ vers 80-100°, sous une pression de 2 à 4[cm] de mercure, le principal produit formé est PSFClBr. A la même température et sous une pression de 7 à 8[cm] de mercure, $PSCl_2Br$ fournit un mélange de $PSFCl_2$ et PSFClBr. La fluoration des chlorobromures de thiophosphoryle affecte donc par substitution le brome de préférence au chlore s'il y a deux atomes de brome dans la molécule, et l'un ou l'autre des halogènes s'il y a deux atomes de chlore.

La distillation fractionnée du produit obtenu fournit PSFClBr à l'état pur. C'est un liquide incolore, fumant à l'air, de densité 1,96 et bouillant sans décomposition à la pression atmosphérique à 97-98°.

L'analyse chimique a nécessité pour l'obtention de résultats corrects une mise au point difficile.

Analyse (PSFClBr)	S. SO_4Ba	P. $P_2O_7Mg_2$	Cl. AgCl	Br. AgBr
Trouvé (%)	16,1	15,3	18,0	40,4
Calculé (%)	16,2	15,7	18,0	40,5

L'examen du spectre Raman nous avait renseignés sur la constitution de ce composé et sur sa pureté bien avant la mise au point satisfaisante des dosages précédents.

Nous avons déterminé les spectres Raman de ce nouveau composé ainsi que les spectres non décrits de $PSFCl_2$ et $PSFBr_2$.

Spectre Raman de $PSFBr_2$. — Il correspond parfaitement au type de symétrie C_{1h} de cette molécule.

Spectre Raman de $PSFCl_2$. — Il existe quelques anomalies dans les fréquences de déformation. On n'observe en effet qu'une fréquence dépolarisée au lieu des deux fréquences attendues δ_1 (pol.) et δ_2 (dépol.), comme si une dégénérescence remplaçait ces deux fréquences par $\delta_{1,2}$ (dépol.). Les fréquences δ_4 et δ_5 sont très voisines et toutes deux dépolarisées comme si l'on tendait vers une raie $\delta_{4,5}$ (dépol.). En ce qui concerne les fréquences de déformation, ce spectre

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1173.

(2) H. S. Booth et C. A. Seabright, *Journal of Americ. chem. Soc.*, **65**, 1943, p. 1834.

s'apparente donc beaucoup à celui des molécules du type C_{3v}. Pour les fréquences de déformation, les atomes de soufre et ceux de chlore de masses peu différentes semblent jouer un rôle analogue. Il n'en est plus de même pour les fréquences de valence, la liaison semi-polaire $P \rightarrow S$ étant fort différente de la liaison covalente pure P — Cl.

Des anomalies analogues ont été également observées dans d'autres spectres de molécules du même genre : $PSCl_3$, $PSCl_2Br$, [3] . . . .

Spectre Raman de PSFClBr. — On observe neuf fréquences qui devraient être toutes polarisées alors que deux des fréquences de déformation sont dépolarisées. Une explication plausible de cette perturbation serait fournie par la valeur voisine des masses atomiques du soufre et du chlore, ce qui conduirait pour les fréquences de déformation au type C_{1h} au lieu de C_1.

On remarquera que, pour les trois spectres, deux raies ont une position à peu près fixe : elles correspondent, l'une à ce qu'on peut appeler la raie P — F, puisqu'on la trouve dans tous les trihalogénures monofluorés de phosphoryle et de thiophosphoryle, l'autre la raie P — S, puisqu'on la trouve pour tous les halogénures de thiophosphoryle. Les autres fréquences se suivent facilement quand on passe d'une molécule à l'autre.

Modes de vibration (fréquences en cm^{-1}).

		δ_1.	δ_2.	δ_3.	δ_4.	δ_5.	ν_1.	ν_2.	ν_4.	ν_3.
$PSFBr_2$		129	159,5	219	254	274	377	470	713	887
	J....	7	11	10	4	5	10	*f*	M	*ff*
	ρ....	0,6	6/7	0,5	6/7	0,3	0,2	6/7	pol	pol
PSFClBr		160	175	245	267	314	414	535	729	892
	J....	6	8	7	5	1,5	10	*f*	M	*ff*
	ρ....	0,8	0,7	0,3	0,5	0,8	0,1	pol	pol	pol
$PSFCl_2$		193		268	317	328	474	570	737	900
	J....	10		4	3	2	10	*f*	M	*ff*
	ρ....	6/7		0,5	6/7	6/7	0,1	6/7	pol	pol

Le spectre de PSFClBr, parfaitement interprétable et bien encadré par ceux des molécules connues de $PSFCl_2$ et $PSFBr_2$, constitue à lui seul une preuve évidente de l'existence de ce composé.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le dosage de bioxyde de chlore dissous dans une solution aqueuse de chlorure et de chlorite de sodium.* Note [1] de Mlle **Colette Loeb**, MM. **Albert Banderet** et **Jean Meybeck**, présentée par M. Hackspill.

Dans le cadre d'un sujet de recherches plus vaste, nous avons été amenés à doser de petites quantités de bioxyde de chlore dissous dans une solution aqueuse relativement plus concentrée de chlorure et de chlorite alcalins.

---

(3) M. L. Delwaulle et F. François, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1422.

(1) Séance du 10 décembre 1947.

Le chlorite de sodium donnant lui-même du bioxyde de chlore par décomposition spontanée, il importait de mettre au point une méthode ne nécessitant pas la séparation effective du bioxyde de chlore (²).

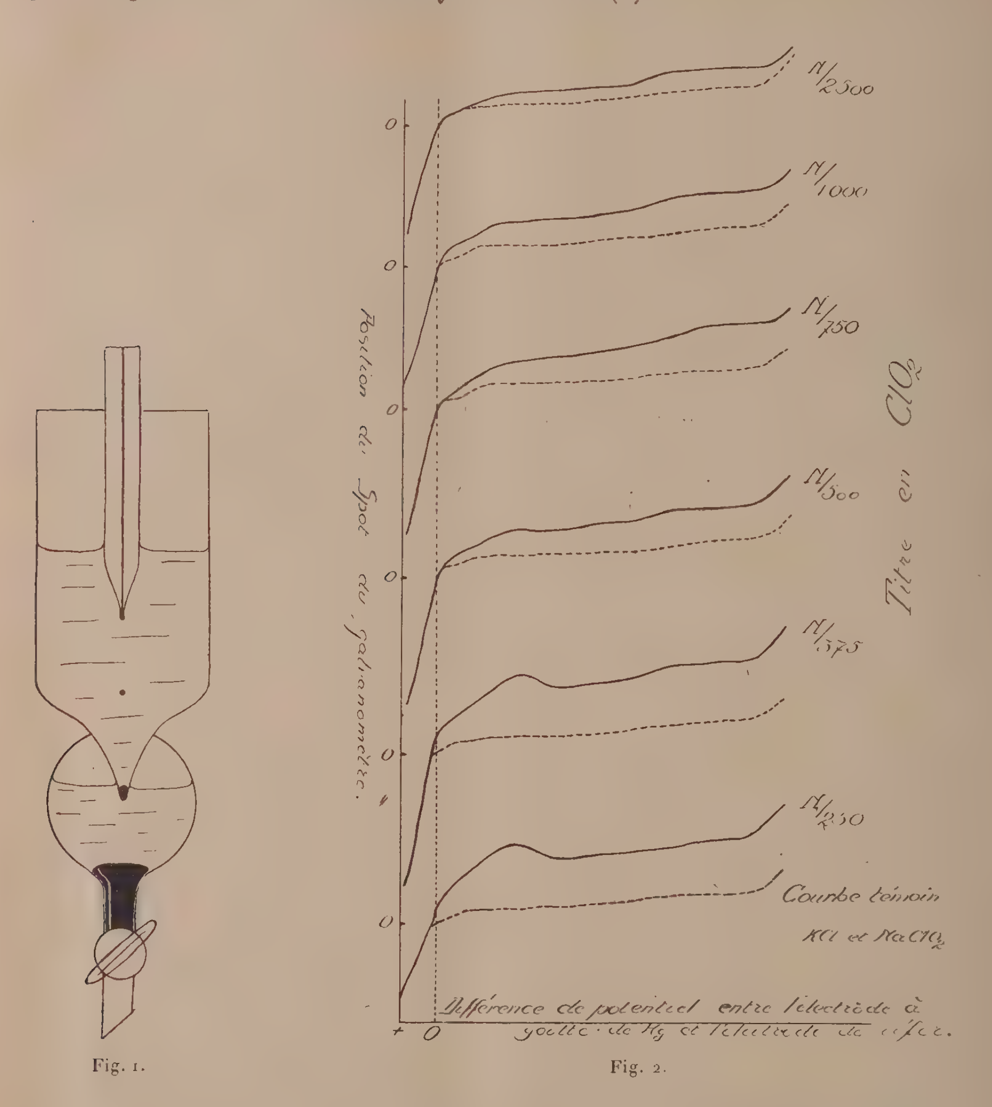


Fig. 1.

Fig. 2.

La méthode polarographique semble assez indiquée. L'anion chlorite ne se réduit pas sur la cathode de mercure avant les alcalins; d'autre part on peut, le cas échéant, ajouter sans inconvénient une quantité supplémentaire de chlorure pour avoir un bain de titrage de conductivité suffisante.

(²) J. F. White, *Am. Dyestuff Reporter*, 31, 1942, p. 484.

Le principe de la méthode est toutefois assez particulier. Il s'agit de doser une molécule neutre, mais on ne peut pas espérer avoir une réduction cathodique à un potentiel bien déterminé comme dans le cas de l'oxygène. En effet les solutions aqueuses de bioxyde de chlore sont réduites très rapidement par le mercure, de sorte qu'il faut admettre que la goutte cathode se couvre instantanément de sels mercureux et fonctionne alors comme électrode Hg/Hg_2^{++}.

Dans ces conditions, il n'est guère recommandable d'utiliser une grande surface de mercure comme anode impolarisable, pas plus d'ailleurs qu'une électrode d'argent qui réduit aussi le bioxyde de chlore. Il vaut mieux relier la cellule polarographique par l'intermédiaire d'un pont de sel à une électrode de référence réversible, et soustraire les gouttes tombées de la cathode le plus vite possible au contact du bain au moyen du montage représenté par la figure 1.

La figure 2 représente une série de courbes polarographiques obtenues pour des solutions de plus en plus concentrées en bioxyde de chlore en présence d'une quantité fixe de chlorure et de chlorite de sodium.

L'étude plus exacte de cette famille de courbes révèle deux particularités sur lesquelles nous nous proposons de revenir dans une prochaine Communication.

Au milieu environ du palier horizontal, on trouve une faible ondulation d'amplitude sensiblement constante. Nous supposons qu'il s'agit là du second palier de réduction de l'oxygène moléculaire, dissous dans le bain de titrage. Il convient donc de corriger la hauteur du palier du bioxyde de chlore de la valeur du premier palier de l'oxygène moléculaire. On sait que cette hauteur est égale à celle du second palier, hauteur que l'on peut évaluer sur la courbe même.

Cette correction faite, on obtient une relation à peu près linéaire entre la concentration du bioxyde de chlore et la hauteur du palier.

D'autre part, le palier du bioxyde de chlore se complique de la présence d'un maximum. Il diffère de celui que donne l'oxygène en ce que sa forme et son importance varient de façon différente en fonction de la résistance du circuit de mesure.

Nous nous proposons de perfectionner cette méthode de dosage et d'expliquer cette dernière particularité.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le mécanisme de l'oxydation du carbone.*

Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Paul Pascal.

L'oxydation du carbone à des températures supérieures à 1500°C. et à faible pression doit être considérée comme un processus par chaîne, le porteur de chaîne étant très vraisemblablement des molécules de CO_2^* activées [1].

---

(1) R. Audubert et C. Racz, *Bull. Soc. Chim.*, 12, 1945, p. 318.

(1) $$3C + 2O_2 \rightarrow C_3O_4;$$

(2) $$C_3O_4 \rightarrow 2CO_2^\star + 2CO;$$

(3) $$CO_2^\star + C_3O_4 \rightarrow CO_2^\star + CO_2 + 2CO;$$

. . . .

(4) $$CO_2^\star \rightarrow CO_2 + h\nu.$$

On a vu que les données résultant de l'analyse photogénique conduisent au calcul du nombre, β, de maillons de la chaîne et que les valeurs moyennes ainsi obtenues étaient du même ordre de grandeur que celles déduites des données de la cinétique globale. On constate que β, quelle que soit la méthode de détermination utilisée, croît avec la température ainsi que le montrent les valeurs moyennes obtenues dans le tableau suivant :

	β		
T.	cinétique.	photogénèse (²).	
2000° K	1,5 ± 0,25	0,36 ± 0,03	1,8 ± 0,18
2354° K	2,0 ± 0,6	1,04 ± 0,12	4,0 ± 0,5

Si l'on admet que la propagation de la chaîne se fait par transfert de grands quanta d'énergie ainsi qu'il a été admis et établi, la longueur, par définition, est donnée par le rapport du nombre n de molécules de O_2 consommées dans un temps donné au nombre n' de photons ultraviolets émis par le filament de carbone dans toutes les directions de l'espace

$$\beta = \frac{n}{n'}.$$

Par conséquent

$$n = -\frac{d}{dt}(O_2); \qquad n' = \frac{d}{dt}(CO_2^\star).$$

L'ensemble des processus (1), (2), (3), (4) donne

(5) $$-\frac{d(O_2)}{dt} \approx \frac{s_3 s_2}{s_4} e^{-\frac{(W_3+W_2-W_4)}{RT}},$$

(6) $$\mathcal{I} = -\frac{d}{dt}(CO_2^\star) = s_2 S e^{-\frac{W_2}{RT}};$$

où W_1, W_2, W_4 représentent les énergies d'activation des processus (1), (2) et (4). On obtient

(7) $$\beta = \frac{2}{2}\frac{s_3}{s_2} S e^{-\frac{(W_3-W_4)}{RT}}.$$

Cette relation permet donc, à partir de la valeur de $(W_3 - W_4)$ égale, comme on l'a vu, à 6 kg/cal. (³) de prévoir la variation de β en fonction de la

(²) Ces deux déterminations photogéniques correspondent à des valeurs différentes de l'énergie d'activation globale (90 et 95 kg/cal).

(³) R. Audubert, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 114.

température. Tout d'abord, elle rend bien compte du fait que cette grandeur augmente ainsi que l'expérience permet de le constater, quand la température croît. Elle vérifie, en outre, quantitativement, le taux de cet accroissement.

Le tableau suivant donne les valeurs de β calculées à 2354° K. à partir des résultats obtenus à 2000° K.

T (°C).		$\beta.10^{-5}$.	$\beta.10^{-5}$.	$\beta.10^{-5}$.
2000		1,5±0,25	0,36±0,03	1,8±0,18
2354	cal	1,87	0,6	2,3
	exp	2,0±0,7	1,0 ±0,2	3,0±0,4

On constate que les valeurs calculées sont un peu plus faibles que les valeurs expérimentales. Ce qui signifie que la différence ($W_3 - W_4$) est plus grande que 6 kg/cal; si la détermination de l'énergie d'activation photogénique a été effectuée avec une bonne précision (84 ± 4 kg/cal); il n'en est pas de même de la détermination de l'énergie d'activation de la réaction globale à partir de l'étude cinétique, si bien qu'il est raisonnable de penser que la valeur de 90 kg/cal est sans doute un peu trop faible.

Quoi qu'il en soit, on peut regarder comme une concordance très satisfaisante le fait de trouver à partir des données adoptées pour les énergies d'activation, mieux que l'ordre de grandeur.

Ces données confirment donc les résultats exposés antérieurement sur la nature de la réaction par chaîne d'oxydation du carbone à haute température.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les limites d'inflammabilité des mélanges d'hydrogène et d'air*. Note [1] de MM. **Jean Elston** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Des recherches récentes effectuées sur les limites d'inflammabilité et la vitesse des flammes de divers mélanges gazeux combustibles ont permis de mettre en évidence le rôle extrêmement important de *l'état de la paroi* ou plus généralement de *l'histoire antérieure* de cette paroi [2]. Ces résultats ne peuvent être expliqués que si l'on admet que dans ces phénomènes interviennent non seulement les facteurs thermiques, mais aussi le mécanisme des réactions de combustion tel qu'il est interprété par la théorie des réactions en chaîne. Les expériences, d'une nature différente des précédentes et dont les résultats sont très sommairement rapportés dans la présente Note, conduisent aux mêmes conclusions.

Nous avons étudié, en fonction de la pression, les limites d'inflammabilité

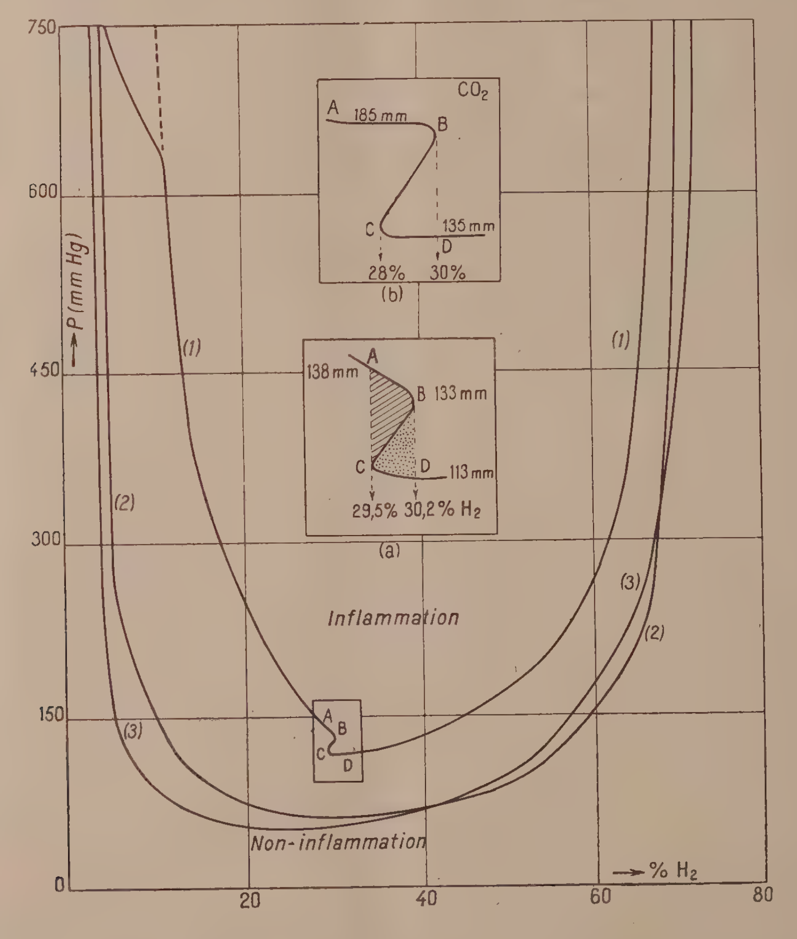
---

[1] Séance du 1er décembre 1947.

[2] G. Pannetier et P. Laffitte, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 469, 553 et 623; **223**, 1946, p. 800; **224**, 1947, p. 1429; *XIe Congrès intern. chimie pure et appli.*, Londres, juillet 1947 (sous presse).

des mélanges hydrogène-air dans des tubes en pyrex d'assez faible section, et nous avons déterminé la pression critique au-dessous de laquelle toute propagation de la flamme est impossible. Les déterminations ont été faites dans trois tubes verticaux de 96^{cm} de longueur et de diamètres respectifs : 8^{mm} (1), 16^{mm} (2) et 25^{mm} (3). Dans les tubes placés verticalement on faisait, avant l'introduction du mélange gazeux, un vide de l'ordre de 10^{-4} mm et l'inflammation était provoquée à la partie inférieure par une étincelle électrique jaillissant entre deux électrodes de tungstène.

Les résultats obtenus sont représentés par les courbes (1), (2) et (3) de la figure ci-contre. On constate pour le tube (1) de plus petit diamètre, une



anomalie au voisinage de la pression critique et correspondant sensiblement à la composition du mélange stœchiométrique. Si l'on fait des déterminations sur la branche de gauche de la courbe (limite inférieure), on obtient des valeurs de plus en plus élevées de la limite au fur et à mesure que l'on abaisse la

pression. Jusqu'au point B la flamme prend naissance et se propage sur toute la longueur du tube dès que jaillit l'étincelle électrique pour tous les points situés au-dessus de la courbe. Entre A (29,5 % H_2) et B (30,2 % H_2) l'inflammation est impossible pour les points situés dans la zone hachurée [*fig.* (*a*)]. Mais au-dessous de BC (zone pointillée) on peut obtenir la propagation d'une flamme si l'on fait jaillir dans le mélange gazeux une seconde étincelle une ou deux minutes après le passage de la première qui n'a pas provoqué l'inflammation. Enfin au delà de D, pour tous les points situés au-dessus de la courbe, les phénomènes redeviennent normaux : la flamme se propage sur toute la longueur du tube dès que l'on y fait jaillir l'étincelle.

On observe des phénomènes analogues si dans le mélange hydrogène-air on remplace l'azote par de l'argon ou du gaz carbonique. Pour ce dernier l'allure de la courbe au voisinage de la pression critique est reproduite sur la figure (*b*). Les branches AB et CD sont à peu près horizontales, et dans cette zone il est encore plus facile que pour l'air d'obtenir à *volonté* un point soit sur AB soit sur CD.

On peut enfin noter l'observation suivante : pour le tube (1) de plus petit diamètre, au voisinage de la pression atmosphérique et pour la limite inférieure, on obtient au début des valeurs situées sur la partie pointillée de la courbe. Puis, le tube *vieillissant*, ces valeurs deviennent de plus en plus faibles et après un usage suffisamment prolongé du tube elles ne varient plus : les valeurs sont alors stabilisées sur la partie de la courbe en trait plein.

On conçoit que les observations précédentes soient impossibles à interpréter d'après la seule théorie thermique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'attaque du plomb par le gaz sulfureux.* Note [1] de MM. **André Chrétien** et **Jean Broglin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons antérieurement étudié et précisé les conditions d'attaque des métaux par divers gaz. Il nous a été possible de recueillir au cours de ces essais, un certain nombre de faits nouveaux intéressants [2]. Nous rappelons que le dispositif expérimental est des plus simples : l'attaque du métal est suivie par la variation de la pression du gaz dans un appareil clos tout en pyrex et verre de silice avec élévation linéaire de la température. La courbe pression-temps a un ou plusieurs points singuliers qui traduisent autant de modifications du système et précisent la suite des phénomènes.

L'action du gaz sulfureux sur les métaux est d'une étude relativement délicate en raison de l'intervention de divers produits, variables d'ailleurs, avec les conditions expérimentales, et de leur fixité (sulfures, oxydes, sulfates, sulfates basiques).

Cette Note est limitée à l'action du gaz sulfureux sur le plomb, qui présente un intérêt scientifique et technique.

---

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) Hans Christensen, *Etude sur la chloruration des métaux* (*Thèse*, Strasbourg, 1943).

A une élévation de pression temporaire, due à la dilatation, succède un abaissement, puis une remontée en deux temps. La courbe pression-temps (*fig.* 1) montre trois points singuliers. Le dernier seul (C), le moins apparent, correspond à une température fixe, 930°. Le premier (A) est d'autant mieux marqué que l'échauffement est plus lent; la température correspondante varie

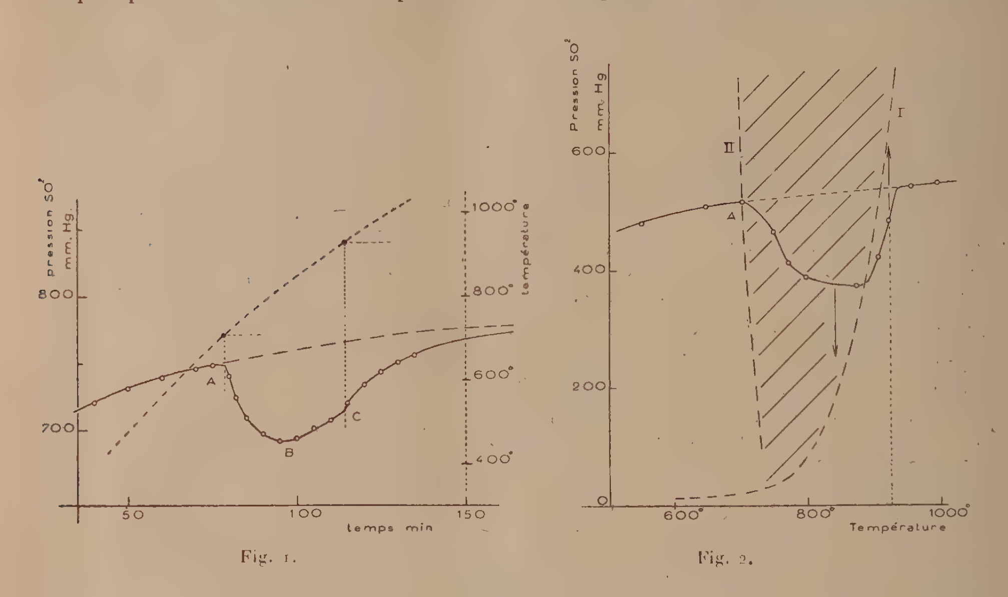


Fig. 1.

Fig. 2.

seulement avec la pression initiale, s'abaissant de 725° à 690° quand cette pression s'élève de 137 à 760 mm Hg.

La courbe pression-temps se déplace quand la pression initiale est modifiée, mais elle reste analogue à elle-même.

Le point A marque le début de l'attaque effective : température 695°. Jusque-là l'altération est limitée à une mince couche protectrice de sulfure et de sulfate qui ternit la surface du métal; ces composés sont décelés par voie chimique. Le début de l'absorption du gaz sulfureux correspond à la formation de sulfure et de sulfate basique; la pression tend à égaler la tension de dissociation du système correspondant. Comme la température continue à croître, la pression remonte bientôt au lieu de se fixer, après s'être abaissée (point B). Dès lors le gaz sulfureux est libéré par la réaction inverse, oxydation du sulfure par le sulfate basique, avec accentuation du dégagement à partir de la fusion du sulfure (930°, point C) jusqu'à consommation mutuelle de ces produits. A partir de ce moment, la pression n'est plus influencée que par la dilatation, comme au début.

La courbe pression-temps est formée au total de quatre parties dont les deux extrêmes sont dans le prolongement l'une de l'autre.

Ces phénomènes se retrouvent sur la courbe pression-température (*fig.* 2);

la pression est, dans l'exemple choisi, de 430 mm de Hg au lieu de 735 précédemment.

Sur le même graphique est figurée la courbe d'équilibre (I) relative à la réaction

$$5\,Pb + 3\,SO_2 \rightleftharpoons SO_4Pb,\ 2\,PbO + 2\,SPb,$$

déterminée par Schenk et Rassbach ([5]) et la courbe des températures de réaction commençantes (lieu du point A)(II). Ces deux courbes délimitent le domaine d'attaque du plomb.

Après inversion de la réaction, par oxydation du sulfure, la pression n'est pas celle de l'équilibre, en raison des retards. Elle la dépasse tout d'abord, puis lui est inférieure.

En présence d'oxygène, on n'observe aucun relèvement de la pression. Ce fait s'accorde avec l'absence de sulfure dans les produits de l'attaque.

Nous avons donc pu établir les conditions et modalités d'attaque du plomb, soigneusement purifié, par le gaz sulfureux pur, à savoir : la température de réaction commençante s'abaisse de 725° à 690° quand la pression initiale s'élève de 137 à 760^{mm} de Hg. Nous avons reconnu que deux phénomènes se succèdent : fixation du gaz sulfureux avec formation de sulfure et de sulfate bibasique, puis libération de ce gaz par inversion de la réaction.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'acide dimétaphosphorique.* Note de Mlle **Denise Kantzer**, présentée par M. Paul Pascal.

L'acide dimétaphosphorique a été isolé et étudié par M. Pascal et Mme Réchid ([1]), qui le préparaient par déshydratation ménagée à 320° de l'acide orthophosphorique. Après neutralisation par la soude, ils ont obtenu et étudié le sel de sodium. Plus tard, Mme Réchid ([2]), puis Travers et Chu ([3]) ont mis en évidence la formation du même acide dans l'hydratation de l'anhydride phosphorique.

Travers et Chu ([3]) préparèrent également le dimétaphosphate de sodium par chauffage à 250° sous vide du mélange :

$PO_4Na_2H, 12\,H_2O$	5 parties
NO_3NH_4	1 partie
$ClNH_4$	1 partie

tandis que, par cette méthode, Bonneman ([4]) ne pouvait obtenir que du trimétaphosphate.

([5]) *Ber.*, **40**, 1907, p. 2185.

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 828.
([2]) *Ibid.*, **196**, 1933, p. 860.
([3]) *Ibid.*, **198**, 1934, p. 2169.
([4]) *Annales de Chimie*, **16**, 1941, p. 395.

Par contre, ce dernier auteur a été amené à supposer l'existence d'un métaphosphate *plus actif* que le trimère, qui se formerait avant celui-ci dans la méthode de préparation de Knorre ([5]) (chauffage du mélange $PO_4Na_2H + NO_3NH_4$), mais sans pouvoir l'isoler. Il trouve aussi du dimétaphosphate dans les produits de décomposition du triphosphate $P_3O_{10}Na_5$

Nous avons réussi à mettre en évidence et à étudier le dimétaphosphate intermédiaire supposé par Bonneman. Du même coup, nous avons pu ainsi corroborer ses affimations, montrer que le corps de Travers et Chu pouvait bien être un dimère et déceler une filiation générale de l'acide métaphosphorique et de ses sels à partir des formes orthophosphoriques. Nos recherches conduisent d'ailleurs à une méthode simple de préparation des dimétaphosphates.

Formation du dimétaphosphate. — L'étude thermique des mélanges de phosphate disodique et de nitrate d'ammonium à parties égales, faite à l'aide d'une thermobalance de Chévenard, nous a permis de déterminer la température exacte de formation du métaphosphate, soit 236°. En arrêtant alors la chauffe, en dissolvant dans l'eau froide et en précipitant par l'alcool, on sépare une huile visqueuse qui présente tous les caractères décrits par Pascal et Réchid ([1]).

Action de la chaleur. — La chaleur transforme presque intégralement le dimétaphosphate en sel insoluble de Maddrell; à 320° l'insolubilisation n'est pas encore terminée, mais elle est complète à 500°.

Boullé ([6]), et plusieurs auteurs avant lui, ont déjà signalé que la déshydratation du pyrophosphate acide de potassium conduit au sel insoluble de Kurrol, tandis qu'avec le sel de sodium, on obtient, selon l'humidité de l'air, un mélange variable de formes insolubles et de trimétaphosphate. Nous l'avons vérifié et nous remarquons que, le trimétaphosphate étant très soluble, la présence d'eau doit favoriser la formation des formes insolubles.

Il y a donc lieu de penser que la forme dimère est toujours la première à prendre naissance dans la déshydratation des phosphates acides et qu'elle se transforme normalement en forme insoluble.

Il reste à expliquer que la méthode de Knorre conduise au trimétaphosphate alors que la transformation directe $3(PO_3Na)_2 \rightarrow 2(PO_3Na)_3$ n'a jamais pu être réalisée aux basses températures avec un bon rendement.

En fait, l'analyse thermopondérale des mélanges de phosphate disodique et de nitrate, combinée à l'analyse thermique différentielle et à l'analyse aux rayons X des produits obtenus, conduit à admettre le processus suivant :

$$3(PO_3Na)_2 + 6NO_3Na \rightarrow 3P_2O_7Na_4 + 3N_2O_5 \rightarrow 2(PO_3Na)_3 + 6NO_3Na$$

([5]) *Zeitschrift für anorganische Chemie*, 24, 1900, p. 369.
([6]) *Annales de Chimie*, 17, 1942, p. 213.

Les deux chaînons ont été réalisés directement.

Nous reviendrons ultérieurement sur le rôle des sels d'ammonium utilisés dans les préparations des divers méta et polyphosphates et sur le mécanisme de ces réactions.

CHIMIE MINÉRALE. — *Considérations sur les préparations de complexes de cobaltihexamine.* Note de Mlle **Jeanne Brigando**, présentée par M. Paul Pascal.

Les sels de cobaltihexamine $[Co(NH_3)_6]X_3$ se préparent, soit directement par oxydation dans des conditions convenables d'un mélange d'ammoniaque, de sel cobalteux et de sel d'ammonium, soit indirectement en remplaçant, par action de masse de l'ammoniaque, le chlore de l'ion complexe chloropentamine $[CoCl(NH_3)_5]^{++}$ par NH_3.

Ces deux groupes de méthodes s'appliquent aux complexes, du même type, où les $6NH_3$ sont remplacés, soit par 3 molécules de diamine, soit par 2 molécules de triamine. On ne connaît, par contre, aucun exemple de complexe où tout l'ammoniac ait été remplacé, molécule à molécule, par une monoamine. Bien plus, les seuls complexes obtenus à partir des monoamines (éthylamine, allylamine, benzylamine, *p*-toluidine, aniline) n'en contiennent qu'une molécule. Ils sont préparés par action de ces amines sur le chlorure de Co_{III} dichloro-1.6 diéthylènediamine.

J'ai obtenu avec la pyridine un complexe de ce type : le chlorure de $cobalt_{III}$ chlorodiéthylènediaminopyridine

$$\left[Co\begin{pmatrix} en \\ Cl \\ pyr \end{pmatrix}^2\right]Cl^2 \qquad \begin{matrix}(en = \text{éthylènediamine}),\\ (pyr = \text{pyridine}).\end{matrix}$$

5^g de chlorure de cobalt dichlorodiéthylènediamine + 100^cm³ d'eau + 10^g de pyridine sont chauffés 2 heures au bain-marie bouillant. Par refroidissement il se forme de beaux cristaux rouges qu'on fait recristalliser dans l'eau.

Si l'on essaie d'appliquer aux amines simples (méthylamine, éthylamine, butylamine) la méthode de préparation des sels lutés, il y a formation plus ou moins importante d'hydroxyde de cobalt. Il m'a paru intéressant de rechercher si en variant les conditions il ne serait pas possible d'obtenir les hexamines. J'ai étudié l'action de la méthylamine et de l'éthylamine sur le chlorure purpuréo à 100°, en opérant en flacons à fermeture hermétique. Il est possible d'éviter la formation d'oxyde de cobalt, par la présence d'un excès d'un sel de l'amine (20^g de chlorhydrate de méthylamine pour 5^g de chlorure de Co-chloropentamine et 100^cm³ de méthylamine à 30 %), mais pour cette teneur de chlorhydrate il n'y a pas fixation d'amine. Par contre, pour les essais effectués

dans les mêmes conditions avec 50 et 100^g de chlorhydrate de méthylamine, on obtient un complexe correspondant à la formule

$$\left[Co \left(\begin{matrix} 4NH_3 \\ 2CH_3NH_2 \end{matrix} \right) Cl_3 \right]$$

Le chlore et un NH_3 du sel purpuréo ont été remplacés par l'amine. C'est un sel type d'hexamine mixte.

5^g de chlorure de cobalt chloropentamine + 100^g de chlorhydrate de méthylamine + 100$^{cm^3}$ d'une solution de méthylamine à 30 % sont chauffés 10 heures au bain-marie bouillant. La solution centrifugée est précipitée par l'alcool absolu. Le produit dissous dans l'eau est, après centrifugation, de nouveau précipité par l'alcool absolu et lavé à l'alcool, puis à l'éther,

Avec l'éthylamine, en présence de son sulfate [1], un atome chlore seul est remplacé par l'amine; le corps obtenu répondrait au schéma

$$\left[Co \left(\begin{matrix} 5NH_3 \\ CH_3—CH_2—NH_2 \end{matrix} \right) \right]^2 (SO_4)^3.$$

5^g de chlorure de la chloropentamine + 20^g de sulfate d'éthylamine + 100$^{cm^3}$ de solution d'éthylamine à 33 % sont chauffés au bain-marie à 100°. La solution est précipitée par l'alcool (deux précipitations successives). Le produit est dissous à nouveau dans l'eau; on laisse la solution centrifugée s'évaporer à l'air.

J'ai opéré ensuite avec la méthylamine en autoclave. Pour 5^g de chlorure de Co-chloropentamine + 100$^{cm^3}$ de méthylamine à 30 % et 50^g de méthylamine, il y a encore une légère formation d'oxyde de cobalt à 225, 215 et 180°. Avec 75^g de chlorhydrate de méthylamine et, *a fortiori*, 100^g, il n'y a plus formation d'oxyde de cobalt.

5^g de chlorure de Co-chloropentamine + 100^g de chlorhydrate de méthylamine + 100$^{cm^3}$ d'une solution à 30 % de méthylamine sont chauffés 9 heures à 200-210°. Le produit cristallisé, obtenu par refroidissement, est dissous dans l'eau. La solution centrifugée est précipitée par l'alcool.

La teneur en carbone du corps obtenu indique qu'il n'y a pas une plus grande quantité d'amine fixée.

Les monoamines organiques se comportent donc différemment à la fois de l'ammoniac et des polyamines (éthylènediamine, propylènediamine, diéthylènetriamine, triaminopropane) pour l'obtention des complexes de Co-hexamine. L'ammoniaque et les polyamines se différencient des monoamines par la symétrie de leurs molécules. On peut supposer qu'une activité chimique particulière est liée à cette symétrie pour la formation des complexes qui, dans le cas étudié, sont des complexes parfaits de Co_{III} hexamine.

---

(1) Solubilité moindre des sulfates d'hexamine.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence d'un recuit préalable du fer dans l'hydrogène, sur son comportement ultérieur lors du chargement à froid en ce gaz.* Note [1] de M. **Paul Bastien**, présentée par M. Albert Portevin.

La diffusion de l'hydrogène dans le fer modifie profondément sa capacité de déformation plastique, et il est intéressant d'étudier le phénomène sur cristaux uniques. La préparation des monocristaux de fer impliquant des chauffages dans l'hydrogène, destinés à éliminer les impuretés du métal, il apparaît nécessaire, avant toute étude sur cristaux uniques, de préciser si le recuit dans l'hydrogène n'apporte pas des modifications dans le comportement ultérieur du métal polycristallin soumis à un chargement en hydrogène. Nous avons fait porter nos essais sur six fers Armco différents, qui ont été étudiés [2] après 48 heures de recuit à 880°C. dans l'argon ou dans l'hydrogène.

Chauffage préalable dans l'argon. — Les six fers Armco eurent des comportements identiques :

Nombre de pliages.				Volumes d'hydrogène dégagés
Après recuit dans l'argon.	Après chargement en hydrogène à 15°C.	Après 1000 h à 15°C. dans le mercure.	Après 1000 h à 15°C. et 500 h à 60°C.	en 1000 h à 15°C. dans le mercure en cm³/100 g.
	Par attaque à l'acide			
25	13	17	26	1,2
	Par électrolyse			
25	10	13	25	3,9

La fragilité due à l'hydrogène est notable avec les deux modes de chargement ; sa disparition ultérieure n'est que partielle à la température ambiante, mais complète à 60° C.

Chauffage préalable dans l'hydrogène. — Les six fers Armco se sont nettement partagés en deux groupes :

Nombre de pliages.				Volumes d'hydrogène dégagés
Après recuit dans l'hydrogène.	Après chargement en hydrogène à 15°C.	Après 1000 h à 15°C. dans le mercure.	Après 1000 h à 15°C. et 500 h à 60°C.	en 1000 h à 15°C. dans le mercure en cm³/100 g.
1er *Groupe :*				
	Par attaque à l'acide			
36	31	35	35	0,2
	Par électrolyse			
36	20	32	36	0,7
2e *Groupe :*				
	Par attaque à l'acide			
6	6	7	7	0,2
	Par électrolyse			
6	2	3-4	3-4	16,2

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) Sur fils de 2mm de diamètre, après recuit dans l'argon ou l'hydrogène, le fer était chargé en hydrogène, soit par immersion de 48 heures dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 %, soit par électrolyse de même durée dans cette solution (2,5 A ; 5,25 mA/cm²).

Pour le premier groupe, le recuit dans l'hydrogène donne, comme dans l'argon, un métal à cristallisation assez fine, et régulière; il n'y a ni fissures intergranulaires, ni fragilité. Après attaque à l'acide, la fragilité due à l'hydrogène est très faible contrairement à celle résultant de l'électrolyse; le rétablissement ultérieur des caractéristiques est presque complet à la température ambiante. Dans le deuxième groupe, le recuit dans l'hydrogène donne une cristallisation très grossière, irrégulière avec des fissures intergranulaires; il provoque une fragilité qui n'est pas modifiée par une immersion en solution acide, mais est accrue par électrolyse : dans ce cas, l'hydrogène abondamment dégagé par l'électrolyse pénètre dans les fissures, dont beaucoup débouchent en surface, et le dégagement ultérieur de gaz est important.

Ces résultats peuvent s'expliquer de façon complète : le recuit dans l'hydrogène provoque une élimination très sensible des impuretés (C, O_2, S, As...); le métal plus pur est beaucoup moins attaqué en solution acide, d'où un dégagement réduit d'hydrogène à sa surface, tandis qu'en électrolyse le volume d'hydrogène reste conditionné par l'intensité du courant. De plus, le fer pur catalyse la transformation $2\,H \rightarrow H_2$ et défavorise l'adsorption d'hydrogène, alors que la présence de soufre ou de gaz H_2S à la surface du métal empêche cette réaction et favorise la formation d'hydrogène adsorbé [3].

Cette étude souligne à nouveau [4] l'importance du rôle joué par la couche de gaz adsorbé dans la diffusion de l'hydrogène dans le fer. Elle montre que le fer monocristallin ne devient pas fragile par décapage à l'acide, cela résulte non pas de l'absence des joints intercristallins, mais de la modification de l'activité chimique du métal sous l'effet du recuit dans l'hydrogène, puisque cet effet se retrouve sur échantillons polycristallins ayant subi le même traitement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la réaction anormale des esters carboxyliques α-halogénés avec les phosphites diacoyliques monosodiques.* Note de MM. **Vincent Chavane** et **Paul Rumpf**.

Comme P. Nylen [1] l'avait constaté, l'action d'un phosphite dialcoylique et monosodique sur les esters d'acides α-halogénés ne donne généralement pas les dérivés phosphorés prévus $R-CH(CO_2R')-PO(OR'')_2$. Après avoir vérifié ce fait, nous avons repris l'étude de la réaction, en cherchant à isoler les divers produits fournis, dans ce cas, par le mode opératoire couramment utilisé pour les phosphonations en série aliphatique : action du phosphite

(3) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 105; cette propriété du soufre paraît d'ailleurs commune aux métalloïdes des groupes V et VI de la classification périodique des éléments.

(4) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 188.

(1) *Ber.*, 57, 1924, p. 1037.

diéthylique sodé, en milieu inerte et anhydre (benzène), sur cinq esters d'acides halogénés différents.

Avec les esters chloracétique, bromacétique, bromobutyrique et bromooctanoïque, la précipitation d'halogénure de sodium a été immédiate; pour la rendre totale, l'ébullition à reflux de la solution benzénique a été maintenue pendant 6 heures. Après essorage du sel de sodium et distillation du solvant, nous avons étudié les produits restants.

1° Chloracétate et bromacétate d'éthyle : c'est seulement ici que nous avons pu constater la réaction normale, observée également par Nylen. Nous avons ainsi obtenu l'ester $H_5C_2O_2C—CH_2—PO(OC_2H_5)_2$, $É_{14}$ 147-148°, avec un rendement de 45-50 % dans les deux cas. Nous avons aussi isolé du succinate d'éthyle : $É_{15}$ 105°. Rendement, 5 %.

2° Dans le cas de l'α-bromobutyrate d'éthyle, le résidu contenant du sodium n'est distillable qu'après lavage à l'eau. On récupère d'abord du bromobutyrate. De 110° à 150° sous 25mm, passe ensuite une fraction dont l'hydrolyse bromhydrique fournit de l'acide phosphorique et deux produits, fondant l'un à 127-128°, l'autre à 207°. Ce sont les deux stéréoisomères de l'acide diéthylsuccinique (2).

3° Les produits de réaction de l'α-bromooctanoate ont donné, à la distillation sous 2mm, de l'octanoate et surtout du bromooctanoate. Après reprise du résidu par l'eau, nous avons obtenu des phosphates, des pyrophosphates et surtout des hypophosphates acides de sodium, ainsi qu'une portion huileuse dont l'hydrolyse bromhydrique fournit de l'octanoïque et un acide possédant les propriétés que l'on est en droit d'attendre du dihexylsuccinique.

4° Avec le phénylbromacétate d'éthyle, la précipitation est, au contraire, très lente et incomplète. On recueille d'abord beaucoup de phénylacétate d'éthyle et du phénylbromacétate. La recristallisation du résidu non distillable donne un corps incolore fondant à 140-141°, comme le *méso*-diphénylsuccinate d'éthyle.

On constate donc toujours la formation d'une certaine quantité d'un dérivé de l'acide succinique, disubstitué en $\alpha\alpha'$. Kosolapoff (3) a observé une réaction analogue en voulant phosphoner le malonate d'éthyle bromé. L'absence de dérivés organiques du phosphore dans les trois derniers cas permettait de se demander si le groupement phosphonique n'est pas labile sur un carbone secondaire en α d'un groupement carboxylique. Nous avons pu constater, au contraire, la grande stabilité de l'octanoïque-1 phosphonique-2, préparé à partir du bromure de *n*-hexyle et du dérivé sodé de l'ester triéthylique de l'éthanoïque phosphonique.

Par effet inductif et hyperconjugaison céto-énolique, les groupements

---

(2) M. Montagne et M. Roch, *Bull. Soc. Chim.*, 10, 1943, p. 193.
(3) G. M. Kosolapoff, *J. amer. chem. Soc.*, 68, 1946, p. 1103.

carboxyliques favorisent une polarisation négative de l'atome de carbone en α [4]. On observe en effet que, d'une manière générale, les halogènes fixés sur ce carbone sont relativement peu ionisables à l'état d'ions négatifs, mais particulièrement sensibles aux agents de réduction. Les phosphites dialcoyliques monosodiques étant de puissants réducteurs, il en résulte ici un échange partiel entre le sodium et l'halogène, avec formation d'un halogénophosphite et d'un ester sodé en α.

$$R-CHBr-CO_2R' + NaPO(OR'')_2 \rightarrow R-CHNa-CO_2R' + BrPO(OR'')_2.$$

Comme nous avons eu souvent l'occasion de le constater, l'encombrement stérique agit fortement sur la réaction de phosphonation : dans tous les cas où il entraîne un ralentissement suffisant, on isole exclusivement les produits qui résultent de cette permutation halogène-sodium et de l'action des corps formés sur les réactifs initiaux. Les schémas ci-dessous expliquent le bilan de l'hydrolyse :

$$\text{(I)}\quad (R''O)_2OPBr + NaPO(OR'')_2 \rightarrow (R''O)_2OP-PO(OR'')_2 + BrNa,$$

$$\text{(II)}\quad R-CHNa-CO_2R' + R-CHBr-CO_2R' \rightarrow R-CH(CHR-CO_2R')-CO_2R' + BrNa,$$

$$\text{(III)}\quad R-CHNa-CO_2R' + H_2O \rightarrow R-CH_2-CO_2R' + NaOH.$$

Quant aux acides phosphorique et phosphoreux, ils sont dus à l'action de l'eau sur l'halogénophosphite et sur le phosphite sodique n'ayant pas réagi.

La vitesse de la réaction de doublement (II) varie d'ailleurs considérablement, elle aussi, avec la complexité de la molécule : de 25-30 % de rendement dans le cas de l'acide diéthylsuccinique, à 10 % pour le dihexylsuccinique après 6 heures de chauffage, et 5 % pour le diphénylsuccinique après 24 heures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de quelques alcools par des solutions d'hypobromite.* Note de M. **Maurice Métayer** et Mlle **Suzanne Roumens**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait que récemment L. Palfray, M. Métayer et J. Panouse [1] ont mis au point une nouvelle méthode d'oxydation des alcools, au moyen de solutions aqueuses d'hypobromite de sodium. Ces auteurs ont traité un certain nombre d'alcools par l'hypobromite de sodium et ont obtenu les dérivés carbonylés correspondants, avec des rendements variant de 3 à 40 % suivant la nature de l'alcool; les auteurs ont également signalé que la destruction de la combinaison magnésienne du type R(R')CH.O.MgBr par l'hypobromite de sodium condui-

(4) P. Rumpf, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 655.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 14, 1947, p. 766.

sait avec un rendement bien supérieur à la cétone correspondante (83 % dans le cas du magnésien C_6H_5—CH(C₂H₅)—OMgBr).

Nous avons étendu la réaction à quelques dérivés magnésiens d'alcools cyclaniques. Nous avons fait agir sur le bromure de cyclohexylmagnésium le méthanal, l'éthanal et le propanal. Une moitié des dérivés obtenus a été hydrolysée par SO_4H_2 à 10 %, l'autre moitié par une solution d'hypobromite de sodium à raison de quatre molécules d'hypobromite pour une de magnésien, comme il a été précédemment indiqué ([2]).

Les résultats sont résumés par le tableau suivant.

Dérivés magnésiens.	% de cétone avec SO^4H^2.	% de cétone avec hypobromite.	Nature du composé.
C_6H_{11}—CH_2—OMgBr. . . .	13	20	C_6H_{11}—CHO
C_6H_{11}—CH(OMgBr)CH_3. .	13,6	30	C_6H_{11}—CO—CH_3 semicarbazone F175°
C_6H_{11}—CH(OMgBr)C_2H_5.	13	51	C_6H_{11}—CO—C_2H_5 semicarbazone F150°

On remarquera que l'alcool primaire est le moins oxydé. Nous avons pensé que la différence de résultats obtenus lors de l'action de l'hypobromite de sodium sur l'alcool et les combinaisons magnésiennes qui leur donnent naissance pouvait provenir de la formation de l'hypobromite de magnésium qui aurait un pouvoir oxydant plus grand que l'hypobromite de sodium.

$$H_2O + NaOBr + R(R')CH{-}O{-}MgBr \rightarrow R(R')CHOH + Mg(OBr)_2 + Na(OH)$$
$$\rightleftharpoons R(R')CO + NaOH + Br_2Mg + H_2O.$$

Nous avons, pour vérifier cette hypothèse, essayé de préparer l'hypobromite de magnésium, corps très peu connu, que seul Balard a tenté d'identifier. Nous n'avons pu l'obtenir par double décomposition entre le SO_4Mg ou le Cl_2Mg et l'hypobromite de sodium, car il se produit toujours un précipité abondant de magnésie, et l'on se trouve finalement en présence de sels dont nous n'avons pas établi la constitution. Nous avons alors fait agir directement le brome sur la magnésie. Mais l'action est lente et ne se fait bien qu'avec la magnésie fraîchement précipitée. Voici le mode opératoire que nous avons adopté :

On précipite la magnésie par action de la soude sur Cl_2Mg, on lave de nombreuses fois à l'eau jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitent plus au NO_3Ag. On décante l'eau surnageante, on refroidit avec de la glace et l'on ajoute lentement la quantité théorique de brome moins 10 % de façon à ne pas

([2]) M. MÉTAYER, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 739.

avoir un excès de brome qui puisse gêner ultérieurement. On décanté la partie surnageante qui contient l'hypobromite en solution. On le dose par la méthode de Bunsen qui est employée pour le chlorure de chaux. Nous avons évaporé sous vide une portion de filtrat et dosé les ions Br^- Mg^+ et $(Bro)^-$ sur le résidu qui se présente sous forme de cristaux incolores. On obtient pour formule brute $(BrO)_2Mg$, mais on ne peut conclure à l'existence de bromite de magnésium, car il se peut qu'on soit en présence d'un mélange de plusieurs sels. En solution acide, ce composé libère son brome en totalité, par conséquent il est dosable en présence de IK par le thiosulfate de sodium. Notons de plus qu'il est instable; dès 40° il commence à se décomposer pour perdre à 50° rapidement du brome; il se détruit par séjour à la lumière en donnant du brome libre du Br_2Mg et de la magnésie. Les solutions exposées à la lumière voient rapidement leurs propriétés oxydantes diminuer. Ces dernières ont été mises en évidence lors de l'oxydation de plusieurs alcools; nous nous sommes placés dans les conditions déjà décrites lors de l'oxydation de certains alcools par l'hypobromite de sodium ([3]).

Voici les résultats obtenus :

Alcool.		Aldéhyde ou cétone obtenus.	Par BrONa ([3]).	Par $(BrO)_2Mg$.	
Phénylcarbinol............	$C_6H_5-CH_2OH$	C_6H_5-CHO	32 %	74 %	2.4-dinitrophényl hydrazone F 241
Méthylphénylcarbinol......	$C_6H_5-CHOH-CH_3$	$C_6H_5-CO-CH_3$	37	50	2.4-dinitro F 242
Benzylcarbinol............	$C_6H_5-CH_2-CH_2OH$	$C_6H_5-CO-CH_3$	19	14	» 242
Méthylcyclohexylcarbinol..	$C_6H_{11}-CHOH-CH_3$	$C_6H_{11}-CO-CH_3$	–	52	» 132
4-méthylcyclohexylcarbinol.	$CH_3-C_6H_{10}-OH$	$CH_3-C_6H_9O$	–	78	» 116
Bornéol................	$C_{10}H_{18}O$	$C_{10}H_{16}O$ (camphre)	–	72	–

On voit que les résultats sont nettement supérieurs à ceux obtenus par l'hypobromite de sodium. Mais on retrouve les mêmes particularités d'action entre les deux corps à savoir :

1° Les alcools primaires sont moins facilement oxydables que les alcools secondaires.

2° L'alcool phényléthylique se transforme en acétophénone. Ainsi l'on peut penser qu'au cours de la destruction de la combinaison organomagnésienne $R(R')CH-OMgBr$ par l'hypobromite de sodium, il se forme des composés bromo-oxygénés du magnésium plus instables, donc plus oxydants que l'hypobromite de sodium. Ceci expliquerait la différence d'action de l'hypobromite de sodium sur les alcools et les combinaisons organomagnésiennes qui leur donnent naissance.

([3]) J. Panouse, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 745.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de céto-esters mésodihydroanthracéniques par réaction de Friedel et Crafts.* Note de M. **Jean Rigaudy**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été établi dans un travail antérieur que la fonction chlorure d'acide des acides mésodihydroanthracènemésocarboxyliques (I, II, III) est très sensible à l'action du Cl_3Al dans les milieux non susceptibles d'engendrer des produits de condensation, CS_2 par exemple. Elle est immédiatement détruite à froid par élimination avec l'hydrogène du mésosommet en vis-à-vis et retour au type anthracénique non hydrogéné. La même fragilité se retrouve pour la fonction anhydride d'acide dans l'anhydride transannulaire [1]. Il y avait lieu de se demander, dans ces conditions, si les réactions de condensation de Friedel et Crafts étaient utilisables dans cette série pour préparer des corps à fonction cétonique. Les résultats obtenus ont montré qu'on pouvait répondre à cette question par l'affirmative.

Mes expériences ont porté sur le chlorure ester méthylique *cis* (III), qui, comme il vient d'être rappelé, est transformé, par Cl_3Al dans le CS_2, en ester méthylique de l'acide anthracènemésocarboxylique (V). Ce composé a semblé, en effet, le plus avantageux de la série, car il n'a qu'une fonction réagissante, ce qui simplifie les réactions; de plus, la fonction chlorure d'acide donne des condensations généralement plus nettes et plus faciles que la fonction anhydride, comme l'ont récemment montré Ch. Dufraisse et A. Allais dans un cas voisin : celui de la synthèse des esters benzoylbenzoïques [2]. J'ai constaté que ce chlorure ester conduit, lorsqu'on utilise comme solvant un corps condensable, aux esters des acides aroyl-9 dihydro-9.10 anthracène carboxyliques-10 (IV).

H COCl / H R — (I) R = H; (II) R = COCl; (III) R = CO_2CH_3

H COAr / H CO_2CH_3 — (IV)

CO_2CH_3 — (V)

Les carbures benzéniques méthylés et méthoxylés simples donnent les corps suivants avec des rendements presque toujours élevés, par réaction à froid en présence d'un excès de Cl_3Al (4 molécules).

---

(1) Ch. Dufraisse et J. Rigaudy, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 625.

(2) Ch. Dufraisse et A. Allais, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **11**, 1944, p. 531

Corps condensé.	Ar.		Formule brute.	$F_{inst.}$ du cétoester (°C.).	Rendements (%).
Toluène	$C_6H_4(CH_3)$		$C_{24}H_{20}O_3$	170–171	80
Xylène	$C_6H_3(CH_3)_2$	O	$C_{25}H_{22}O_3$	154–155	80
		m	id.	157–158	80
		p	id.	137–138	40
Anisole	$C_6H_4(OCH_3)$		$C_{24}H_{20}O_4$	162–163	95
Diméthoxybenzène	$C_6H_3(OCH_3)_2$	O	$C_{25}H_{22}O_5$	183–184	85
		m	id.	200–201	86
		p	id.	173–174	85

L'examen du tableau ci-dessus montre que, parmi les dérivés utilisés, seul le paraxylène donne un rendement nettement inférieur ; dans ce cas, la réaction est plus irrégulière, elle s'accompagne d'un dégagement gazeux, vraisemblablement de CO, et de la formation de résines anthracéniques.

Pour le benzène, la réaction, encore plus violente, semble aboutir presque uniquement à l'élimination de CO et à la formation de résines.

En résumé, de la comparaison des deux modes d'action du Cl_3Al, il ressort que lorsqu'on opère en présence d'un solvant inapte à se condenser selon la réaction de Friedel et Crafts il y a destruction rapide, quasi instantanée, du complexe binaire formé par union du Cl_3Al et du chlorure d'acide. Par contre, si l'on opère en présence d'un solvant susceptible de donner des condensations sous l'influence de Cl_3Al, la destruction est empêchée; la condensation de Friedel et Crafts suit alors son cours normal, bien que, pour être totale, elle exige une durée beaucoup plus longue que la destruction.

C'est donc une véritable inhibition par le carbure de la destruction du complexe binaire qui rend possible la condensation et non pas, comme on aurait pu le supposer, une vitesse de transformation plus grande que celle de la destruction. Ceci vient appuyer l'hypothèse générale concernant le mécanisme de formation des cétones par condensation d'après Friedel et Crafts, hypothèse selon laquelle il y aurait formation préalable d'un complexe ternaire réunissant au sel d'aluminium les deux participants à la réaction.

Dans le cas qui nous occupe, le complexe binaire chlorure d'acide-Cl_3Al instable se trouverait stabilisé par la formation du complexe ternaire, chlorure d'acide-Cl_3Al-carbure, dont l'évolution ultérieure conduirait au produit de réaction normal.

Il y a un cas intermédiaire, celui de corps aromatiques moins réactifs, vraisemblablement par suite de leur organisation plus symétrique, comme le paraxylène et surtout le benzène : l'addition stabilisante en complexe ternaire est alors retardée, donc concurrencée par la réaction de destruction du chlorure d'acide. Ainsi s'expliqueraient les rendements fortement abaissés avec le *p*-xylène et presque nuls avec le benzène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la chloruration de l'acide benzotétronique.* Note de MM. **Charles Mentzer** et **Paul Meunier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de travaux antérieurs nous avons montré que la méthyle-2 naphtoquinone-1.4, qui est une vitamine K, peut être transformée très facilement en une antivitamine correspondante : il suffit pour cela de remplacer le groupement méthyle en 2 par un atome de chlore ([1]). Un tel échange, appliqué à la méthyle-3 hydroxy-4 coumarine, devait également aboutir à une inversion physiologique. En d'autres termes, la chloro-3 hydroxy-4 coumarine (ou acide chloro-3 benzotétronique) (I) avait quelques chances de présenter des propriétés antivitaminiques K. Ayant préalablement réussi la synthèse de la bromo-3 hydroxy-4 coumarine par action du brome en quantité moléculaire sur l'acide benzotétronique, nous avions d'abord pensé que l'halogénation allait pouvoir s'effectuer de la même façon avec le chlore. Or, l'expérience a montré qu'il n'en est rien. Quand on utilise une quantité théorique de chlore en solution acétique, le corps cherché se forme effectivement; mais malgré de nombreuses recristallisations, il renferme toujours de l'acide benzotétronique non transformé ([2]). Pour obtenir la substance (I) à l'état pur, il est nécessaire d'opérer en présence d'un excès de chlore gazeux, et dans ces conditions, il se forme secondairement un produit de dégradation polychloré de couleur jaune, à odeur d'iodoforme, dont la structure a dû être déterminée à part. Traité par la soude en solution aqueuse, ce dérivé se décompose en dégageant du dichlorométhane reconnaissable à son odeur caractéristique. En acidifiant ensuite la solution obtenue, il apparaît un précipité qui, après recristallisation, peut être identifié avec l'acide dichloro-3.5 salicylique, à la fois par son point de fusion et par le point de fusion mélangé. Ces faits nous permettent d'attribuer au produit polychloré la formule (II) qui est en accord également avec les résultats de l'analyse élémentaire. Sa formation s'explique dans le schéma ci-après.

La vérification de cette structure devait se faire par une transposition de Fries appliquée au produit de condensation du chlorure de dichloracétyle sur le dichlorophénol-2.4.

Malheureusement, cette opération a échoué, ce qui n'est d'ailleurs pas étonnant depuis que D. S. Tarbell et P. E. Fanta ([3]) ont montré que les esters des phénols-2.4 disubstitués sont incapables de subir la transformation de Fries. L'action du chlore sur l'acide benzotétronique est donc la seule méthode permettant de préparer l'hydroxy-2 dichloro-3.5 ω-dichloracétophénone (II).

([1]) P. Meunier, C. Mentzer et Ng. Buu-Hoï, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **27**, 1945, p. 191-194.
([2]) P. Meunier, C. Mentzer et Mlle A. Vinet, *Helv. Chim. Acta.*, **29**, 1946, p. 1291-1297.
([3]) *J. Am. Chem. Soc.*, **65**, 1943, p. 2169-2174.

Acide benzotétronique.

L'action physiologique de ces deux substances chlorées, qui se comportent bien comme des antivitamines K, a été déjà décrite dans une précédente publication ([4]).

Partie expérimentale. — *Hydroxy-2 dichloro-3.5 ω-dichloracétophénone* $C_8H_4O_2Cl_4$. — 4^g d'hydroxy-4 coumarine ont été dissous dans 50^cm³ d'acide acétique. La solution obtenue, après avoir été traitée par 4^g de chlore gazeux, a été exposée pendant 3 heures à la lumière du jour à une température de 10 à 15°. Les 4/5 du solvant ont été ensuite évaporés sous vide, et le résidu a été versé dans 500^cm³ d'eau glacée.

Après agitation énergique, on a obtenu un précipité qui, après dessiccation et recristallisation dans le chloroforme, se présente sous forme de cristaux jaunes à odeur d'iodoforme fondant à 70°.

Analyse. — Cl trouvé, 51,10 % ; Cl calculé, 51,8 %.

Acide dichloro-3.5 salicylique. — La cétone chlorée précédente est dissoute dans un excès de NaOH en solution aqueuse à 10 % au bain-marie bouillant; il se dégage du CH_2Cl_2 dont l'odeur est facilement reconnaissable. Quand ce dégagement est terminé, refroidir, filtrer la solution et acidifier avec HCl dilué. Le précipité recristallisé dans l'alcool fond à 222°. Par mélange avec un échantillon d'acide dichloro-3.5 salicylique de structure certaine, il n'y a pas d'abaissement du point de fusion.

Chloro-3 hydroxy-4 coumarine $C_9H_5O_3Cl$. — La solution aqueuse restante après filtration de l'hydroxy-2 dichloro-3.5 ω-dichloracétophénone brute, est

([4]) P. Meunier et C. Mentzer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **29**, 1947 (sous presse).

concentrée sous vide jusqu'à apparition d'un précipité incolore. Après essorage et recristallisation dans l'alcool, le corps cherché fond à 217°.

Cl trouvé : 17,6 % ; Cl calculé : 18,06 %.

Le spectre ultraviolet de cette substance est superposable à celui du dérivé bromé correspondant ([2]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensations du dibromoxanthydrol.* Note de M. **Jean Bertrand**, présentée par M. Marcel Delépine.

A. Lespagnol et J. Bertrand ([1]) ont montré que la réduction de la 2.7-dibromoxanthone par l'isopropylate d'aluminium conduisait à l'éther isopropylique du dibromoxanthydrol. Ce dernier a pu être obtenu par action de l'acide acétique sur le composé précédent qui conduit à l'ester acétique du dibromoxanthydrol secondairement libéré par hydrolyse alcaline : l'éther isopropylique (F 169°) dissous à chaud dans l'acide acétique cristallisable laisse déposer par refroidissement des cristaux qui ont été identifiés à l'ester acétique du dibromoxanthydrol (F 163-164°), grâce à l'analyse élémentaire et à l'indice de saponification. Ce dernier composé est dissous dans la potasse alcoolique à 2,5 % ; la solution, portée à l'ébullition pendant trente minutes et additionnée de 5 à 6 volumes d'eau, laisse déposer des flocons blancs de 2.7-dibromoxanthydrol.

Nous avons condensé ce composé avec l'urée, le véronal, le gardénal et obtenu des combinaisons fondant respectivement à :

271°	*di* (2.7-dibromoxanthyl) urée
225°-226° ..	*di* (2.7-dibromoxanthyl) diéthylmalonylurée
214°-215° ..	*di* (2.7-dibromoxanthyl) phényléthylmalonylurée

D'autre part, la facilité avec laquelle se forment les éthers du dibromoxanthydrol nous a amené à préparer les dérivés de condensation de ce produit avec des alcools variés. Les combinaisons obtenues en milieu acétique avec les alcools méthylique, éthylique, propylique, butylique normal, isobutylique, benzylique, cinnamique répondant à la formule :

$$O\left<\begin{matrix}C_6H_3Br\\C_6H_3Br\end{matrix}\right>CHOR$$

fondent respectivement à :

Éther méthylique	130°	Éther isobutylique	109°
» éthylique	139°	» benzylique	126°
» propylique	107°	» cinnamique	148°
» butylique normal ..	169°		

([1]) *Gallica Pharmaceutica Acta*, 1944, p. 22; *Bull. Soc. ch. de France*, 5e série, 10, 1943, p. 50.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du nitrobenzène avec les diamines aromatiques en présence de soude pulvérisée. Préparation des composés aminoazoïques.* Note de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note antérieure (1) j'ai montré que la condensation des dérivés nitrés avec les alcoyloxy-anilines, en présence de soude, permet de préparer aisément certains oxyazoïques peu accessibles tels que les *o*- et *m*-oxyazobenzènes.

Les présentes recherches ont révélé que les colorants aminoazoïques correspondants peuvent être obtenus d'une manière analogue en remplaçant dans la réaction précédente les alcoyloxy-anilines par des diamines aromatiques. Les conditions opératoires optima restent encore à préciser, mais les résultats actuels permettent d'appliquer cette méthode à la préparation des monoaminoazobenzènes, en particulier des isomères *o* et *m* qui n'ont été synthétisés jusqu'à ces derniers temps que par des procédés détournés nécessitant plusieurs opérations et faisant appel à une matière première instable, le nitrosobenzène. Ces procédés consistent à condenser le dérivé nitrosé soit avec une monoacidil-phénylène-diamine (2), soit avec une nitraniline (3) et à saponifier ou à réduire, selon le cas, les produits de condensation ainsi formés.

On trouve dans la littérature très peu de données concernant l'action des dérivés nitrés sur les diamines aromatiques. Quelques brevets (4) anciens mentionnent des colorants résultant de la condensation, en présence de soude aqueuse, des acides dinitrostilbènes- et dinitrodibenzyldisulfoniques avec diverses amines parmi lesquelles sont citées certaines diamines aromatiques. Ces colorants contiendraient dans leurs molécules à la fois un groupe azoïque et un groupe azoxyque. Quoi qu'il en soit, des essais réitérés avec le nitrobenzène ont montré que cette technique ne convient pas pour la préparation des aminoazobenzènes. J. B. Crippa (5) a étudié l'action du nitrobenzène sur l'*o*- et la *p*-phénylène-diamine, en présence de carbonate de sodium anhydre. Après 35 heures d'ébullition, l'isomère *o* n'a donné que des traces de 2-aminoazobenzène, tandis qu'avec le dérivé *p* le rendement est d'environ 15 % de la diamine mise en œuvre.

---

(1) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 747.

(2) C. Mills, *J. Chem. Soc.*, **67**, 1895, p. 927; F. H. Witt, *Ber. d. Chem. Ges.*, **45**, 1912, p. 2382; G. Charrier et A. Beretta, *Gazz. Chim. It.*, **53**, 1923, p. 729; C. Naegeli et A. Tyabji, *Helv. Chim. Acta.*, **15**, 1932, p. 403.

(3) G. Charrier et A. Beretta, *Gazz. Chim. It.*, **54**, 1924, p. 977.

(4) *D. R. P.* nos **100613**, **105057**, **113514** et **117729**, *Frdl.*, 5, 1897-1900, p. 644 et 647, **6**, 1900-1902, p. 1028 et 1031.

(5) *Gazz. Chim. It.*, **57**, 1927, p. 15; G. B. Crippa et P. Castelli, *Gazz. Chim. It.*, **57**, 1927, p. 621.

En opérant avec de la soude pulvérisée sèche, à plus basse température, j'ai pu améliorer considérablement les rendements en mono-aminoazoïques. Ils varient selon les cas de 46 à 84 % de la diamine employée. Mes essais ont porté sur *o*-, *m*-, *p*-, N.N-diméthyl-*m*- et N.N-diéthyl-*p*-phénylène-diamines.

Dans tous les cas le produit principal de la réaction est constitué par le colorant mono-aminoazoïque (I) (1 mol. de nitrobenzène-1 mol. de diamine), mais on isole souvent de faibles quantités des dérivés diaminés symétriques du type (II) (soudure de 2 mol. de diamine). En outre, avec la *m*- et la *p*-phénylène-diamine non alcoylées on obtient des quantités parfois assez importantes de *bis*-benzénazo-benzène (III) (2 mol. de nitrobenzène-1 mol. de diamine).

$$C_6H_4\begin{cases}N=N-C_6H_5\\NR_2\end{cases}\quad(I)\qquad\begin{matrix}N-C_6H_4-NR_2\\ \|\\ N-C_6H_4-NR_2\end{matrix}\quad(II)\qquad C_6H_4\begin{cases}N=N-C_6H_5\\N=N-C_6H_5\end{cases}\quad(III)$$

$R=H$, CH_3 ou C_2H_5.

Enfin, il se forme toujours des quantités plus ou moins grandes d'un corps noir insoluble qui semble être un produit d'oxydation et de polymérisation de la diamine.

Le mode opératoire est semblable à celui qui a été déjà décrit pour les alcoyloxyanilines. Le mélange de nitrobenzène (1 mol.) et de diamine (1 mol.) porté à une température variant selon les cas entre 125 et 190°, est additionné peu à peu de soude finement pulvérisée (2,5 à 3 mol.) en évitant tout échauffement excessif. L'introduction dure environ une demi-heure. Pour terminer la réaction, on chauffe encore une demi-heure en agitant continuellement et en maintenant toujours la même température. Cette dernière joue un rôle très important en ce qui concerne la composition du produit final et, partant, le rendement en colorants monoamines. Les matières solubles sont ensuite extraites soit à l'acide chlorhydrique dilué, soit au benzène.

Je n'indiquerai ici que très brièvement les résultats obtenus avec quelques termes en désignant par T la température à laquelle la condensation a été réalisée et par R le rendement exprimé en % du poids de la diamine mise en œuvre.

o-phénylène-diamine : T, 125-130°; R en 2-*aminoazobenzène* F 67°, 80 %.

m-phénylène-diamine : T, 130°; R en 3-*aminoazobenzène* F 68°, 40 %. On isole en même temps une certaine quantité de 3.3-*diaminoazobenzène* F 156° et de 1.3-*bis-benzènazobenzène* F 78°. Cet azocarbure se dépose au sein d'acide acétique dilué sous forme de cristaux orangés, solubles dans la plupart des solvants (trouvé N % 19,41; calculé pour $C_{18}H_{14}N_4$, 19,58).

p-phénylènediamine : T, 125-145°; R en 4-*aminoazobenzène* F 136°, 84 %. On obtient également du 4.4-*diaminoazobenzène* F 242°, du 1.4-*bis-benzènazobenzène* F 167°

et une très faible quantité d'un produit F 228°, insoluble dans les acides et dont l'étude est en cours.

N-N-diméthyl-m-phénylènediamine : T 180°; R en *3-diméthylaminoazobenzène* É 214° sous 18mm, 75 %. Huile rouge. (Trouvé N % 18,88; calculé pour $C_{14}H_{15}N_3$ 18,66).

N.N-diéthyl-p-phénylènediamine : T 180-190°; R en *4-diéthylaminoazobenzène* F 92°, 70 %. Il y a également formation d'une quantité notable de *bis-4.4-diéthylaminoazobenzène* F 170°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application du pentadiène-1.4 à la synthèse des dihydroxy-3.5 pipéridines substituées à l'azote.* Note de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Sous l'action d'une quantité équivalente de dibromo-N.N-*p*-toluènesulfamide et en solution dans le méthanol anhydre, le pentadiène-1.4 fixe à —10° une molécule d'hypobromite de méthyle, en donnant, avec un rendement de 58 %, le *bromo-1 méthoxy-2 pentène-4* ($É_{40}$ 78°; d_4^{20} 1,284; n_D^{20} 1,4668) :

$$BrCH_2-CHOCH_3-CH_2-CH{=}CH_2.$$

Il semble que dans ce composé la liaison éthylénique ait beaucoup perdu de sa réactivité, car lorsqu'on essaie de fixer, dans les mêmes conditions, une seconde molécule d'hypobromite de méthyle, on obtient avec un rendement de 20 % seulement le *dibromo-1.5 diméthoxy-2.4 pentane* ($É_6$ 120-123°; d_4^{20} 1,624; n_D^{20} 1,5013) :

$$BrCH_2-CHOCH_3-CH_2-CHOCH_3-CH_2Br.$$

Au contraire, l'acide perbenzoïque en solution chloroformique, conduit avec un rendement de 85 % au *bromo-1 méthoxy-2 époxy-4.5 pentane* ($É_6$ 92-95°; d_4^{16} 1,415; n_D^{16} 1,4802) :

$$BrCH_2-CHOCH_3-CH_2-\underbrace{CH-CH_2}_{O}$$

La condensation de ces deux dernières substances avec les amines primaires constitue une bonne méthode de préparation des dihydroxy-3.5 pipéridines substituées à l'azote et de leurs éthers méthyliques :

$$BrCH_2-CHOCH_3-CH_2-CHOCH_3-CH_2Br + 2R.NH_2$$

$$\rightarrow R.NH_2,\ BrH + \text{(cycle : } CH_2 ;\ CH_3O.HC ;\ CH.OCH_3 ;\ H_2C ;\ CH_2 ;\ N-R) ,\ BrH$$

(I)

$$BrCH_2—CHOCH_3—CH_2—\underset{\diagdown O \diagup}{CH—CH_2} + R'.NH_2 \rightarrow$$ (pipéridine: $CH_3O.HC$, CH_2, $CHOH$, H_2C, CH_2, N—R'), BrH

(II)

A partir du dibromo-1.5 diméthoxy-2.4 pentane, nous avons préparé ainsi, avec des rendements de 60 à 70 %, les dérivés suivants (réaction I) :

Méthyl-1 diméthoxy-3.5 pipéridine, $R = CH_3$ ($É_{15}$ 81°; d_4^{19} 0,962; n_D^{19} 1,4551); *éthyl-1 diméthoxy-3.5 pipéridine*, $R = C_2H_5$ ($É_{16}$ 95°; d_4^{19} 0,957; n_D^{19} 1,4474); *phényl-1 diméthoxy-3.5 pipéridine*, $R = C_6H_5$ ($É_6$ 169-170°; d_4^{19} 1,091; n_D^{19} 1,5496).

De même, avec le bromo-1 méthoxy-2 époxy-4.5 pentane, nous avons obtenu (réaction II), avec des rendements analogues, les mono-éthers indiqués ci-dessous :

Méthyl-1 méthoxy-3 hydroxy-5 pipéridine, $R' = CH_3$ ($É_6$ 105-107°); $d_4^{19,5}$ 1,026; $n_D^{19,5}$ 1,4689).

Éthyl-1 méthoxy-3 hydroxy-5 pipéridine, $R' = C_2H_5$ ($É_6$ 112-114°; $d_4^{19,5} = 1,014$; $n_D^{19,5} = 1,4704$).

Phényl-1 méthoxy-3 hydroxy-5 pipéridine, $R' = C_6H_5$ ($É_3$ 190-192°; $d_4^{18} = 1,180$; $n_D^{18} = 1,6074$).

Ces éthers, en particulier les monoéthers, peuvent être déméthylés par chauffage avec la quantité calculée d'acide bromhydrique, en solution dans l'acide acétique anhydre, vers 100-110°. La réaction est terminée lorsqu'il ne se dégage plus de bromure de méthyle

(pipéridine: $CH_3O.CH$, CH_2, $CHOH$, H_2C, CH_2, N—R) $+ 2BrH \rightarrow BrCH_3 +$ (pipéridine: $HO.HC$, CH_2, $CH.OH$, H_2C, CH_2, N—R), BrH

On a préparé de cette façon :

La *méthyl-1 dihydroxy-3.5 pipéridine* $R = CH_3$ ($É_8$ 151-153°; d_4^{19} 1,104; n_D^{19} 1,4964); l'*éthyl-1 dihydroxy-3.5 pipéridine* $R = C_2H_5$ ($É_4$ 136-137°) cristallisant de l'acétone en prismes fusibles à 121°. Ce composé reste facilement en surfusion, ce qui nous a permis de déterminer ses constantes réfractométriques (d_4^{23} 1,070; n_D^{23} 1,4919).

La constance de son point de fusion après une série de cristallisations nous fait présumer que nous avons affaire à un seul des deux isomères stéréochimiques prévus par la théorie.

Nous ne pouvons en dire autant des autres composés de la série, faute d'avoir pu en préparer des sels (picrate, chlorhydrate, etc.) ou des dérivés (benzoates, phényluréthanes) bien cristallisés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un isomère de l'éphédrine.*
Note de M. **Pierre Fréon** et Mlle **Suzanne Ser**, présentée par M. Paul Pascal.

L'un de nous a montré que les isonitroso-cétones de la série grasse réagissent avec les dérivés organo-magnésiens mixtes, en donnant les oximino-alcools correspondants (1).

Nous avons appliqué cette réaction à la préparation d'un isomère de l'éphédrine, dans lequel la fonction alcool est tertiaire, et la fonction amine primaire, l'amino-3 phényl-2 butanol-2

$$C_6H_5-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle OH}{C}}-\underset{\displaystyle NH_2}{CH}-CH_3$$

Partant de la méthyléthylcétone, nous l'avons nitrosée selon les indications d'Olivier (2), à l'aide du nitrite d'éthyle. Nous avons obtenu ainsi, avec un rendement de 60 à 70 %, l'isonitroso-méthyléthylcétone

$$CH_3-C(=NOH)-CO-CH_3.$$

La condensation magnésienne a été effectuée avec le bromure de phénylmagnésium, dans les proportions suivantes

Isonitroso-méthyléthylcétone...........	33g,7	(1/3 mol.)
Bromure de phényle..................	157	(1 mol.)
Magnésium..........................	24	(1 atome-gr.)

Un excès de dérivé organo-magnésien est nécessaire, le groupement =NOH, acide, détruisant une molécule de bromure de phényl-magnésium. Une agitation mécanique est nécessaire pendant la condensation, le complexe magnésien formé étant insoluble dans l'éther. Après la réaction, nous avons porté à l'ébullition, au bain-marie, pendant 5 heures. La décomposition du complexe magnésien a été commencée par l'eau et terminée par l'acide acétique dilué (1/3 mol.). Après extraction à l'éther, lavage de la solution éthérée au bicarbonate de sodium, séchage sur sulfate de sodium et distillation de l'éther, il reste 72g d'un produit solide, fondant vers 104°, et qui représente l'oximino-alcool

$$C_6H_5-\underset{\displaystyle CH_3}{C(OH)}-\underset{\displaystyle CH_3}{C}=NOH,$$

mélangé d'un peu de biphényle.

---

(1) P. Fréon, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 464; *Ann. de Chimie*, **11**, 1939, p. 453.
(2) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **51**, 1932, p. 99.

Après cristallisation dans le tétrachlorure de carbone, on obtient 45g du produit pur, fondant à 106° et représentant un rendement de 70 à 75 %.

L'oximino-alcool ainsi obtenu a été soumis ensuite à l'hydrogénation catalytique, en présence de nickel de Raney, dans les conditions suivantes :

$C_6H_5-C(OH)(CH_3)-C(=NOH)-CH_3$	17g,9 (1/10mol)
Alcool à 95°	200cm³
Nickel de Raney (solution commerciale contenant le nickel en suspension	40cm³

Après 5 heures d'agitation, en atmosphère d'hydrogène, sous la pression normale, 4l,5 d'hydrogène sont absorbés. Après filtration du nickel et distillation de l'alcool dans le vide, il reste 14g d'un produit extrêmement visqueux, très peu coloré, qui ne cristallise pas, même après plusieurs jours, et que nous n'avons pas pu faire cristalliser jusqu'ici. Il représente l'amino-alcool attendu, assez pur.

Chlorhydrate. — A partir de 13g,5 du produit visqueux précédent, dissous dans 75cm³ d'alcool absolu, et additionné d'acide chlorhydrique concentré, jusqu'à réaction acide, on obtient, par refroidissement, 6g environ de chlorhydrate. Les eaux-mères, par concentration, donnent environ autant de produit cristallisé.

Le rendement pour l'ensemble des deux opérations, à partir de l'oximino-alcool : hydrogénation en amino-alcool et passage au chlorhydrate, est donc de 65 %.

Après recristallisation dans l'alcool absolu, le chlorhydrate de l'amino-3 phényl-2 butanol-2 fond vers 244-245°, avec légère décomposition.

MINÉRALOGIE. — *Emplacement des ions échangeables dans la montmorillonite.* Note de M. **Stanislas Teichner**, présentée par M. Paul Pascal.

La montmorillonite, laissée en présence de l'air humide, contient des quantités importantes d'eau, dont une partie est de l'eau adsorbée et l'autre, $2H_2O$ par maille, est l'eau de constitution correspondant à la formule $2[Al_2O_3, 4SiO_2, H_2O]$. Hendricks et ses collaborateurs (1) admettent que dans l'eau adsorbée, il convient de distinguer deux fractions. L'une, plus fortement fixée, correspond à l'hydratation des ions. Le reste est simplement retenu par les forces de Van der Waals.

Il nous a été possible de confirmer cette conclusion de Hendricks par l'étude des vitesses de désadsorption sous vide élevé (10^{-4} mm Hg) de l'eau contenue dans la montmorillonite naturelle (calcique) et dans une montmorillonite sodique obtenue en traitant la terre calcique par un acide dilué, puis en neutralisant la

(1) S. B. Hendricks, R. A. Nelson et L. T. Alexander, *J. Am. Ch. Soc.*, **62**, 1940, p. 1457.

terre acide formée par la quantité de soude calculée à partir de la capacité d'échange.

En effet, à 180° C., les deux substances perdent progressivement toutes les molécules d'eau qu'elles contiennent à l'exception de l'eau de constitution. Jusqu'à 280° la déshydratation sous vide ne peut progresser plus avant ([2]).

Par contre la désadsorption sous vide à la température ambiante entraîne une perte d'eau plus faible qu'à 180° et la limite atteinte est différente selon qu'il s'agit de la terre calcique ou de la terre sodique. La première conserve alors, en plus de l'eau de constitution, trois molécules d'eau par ion calcium échangeable, et la seconde une seule molécule d'eau par ion sodium. C'est seulement vers 90° que, sous vide, ces quantités d'eau restante commencent à s'évaporer. Il apparaît donc une relation très nette entre la nature de l'ion échangeable et la rétention de l'eau sous vide à la température ordinaire.

On sait que la détermination de l'isotherme d'adsorption d'azote à —195° C. est une méthode efficace de mesure des surfaces spécifiques pour les substances poreuses et finement divisées ([3]). Cette méthode, appliquée aux deux montmorillonites après désadsorption à 20° et à 180°, nous a fourni les résultats suivants, en admettant l'empilement compact des molécules d'azote.

	Surfaces spécifiques en m²/g.	
Température de déshydratation	20° C.	180° C.
Montmorillonite calcique	48	52
Montmorillonite sodique	13,6	88

Les surfaces sont très inférieures à celles qu'on déduit de l'adsorption *totale* de l'eau ([4]) qui sont de 700 ou de 800 m²/g, selon qu'on admet l'empilement compact ou un enchaînement hexagonal des molécules d'eau. Mais celles-ci s'insèrent pour la plupart entre les feuillets, grâce à leur polarité, alors que les molécules d'azote ne se fixent que sur la surface externe des particules élémentaires constituées par un empilement des feuillets plans parallèles.

Sauf pour la montmorillonite sodique déshydratée sous vide à 20°, les surfaces du tableau ci-dessus sont pratiquement égales à celles qui ont été calculées par J. Mering ([4]), à partir des isothermes d'adsorption d'eau *à l'extérieur des feuillets*.

L'adsorption d'azote sur la montmorillonite calcique est à peu près la même, que ce produit soit, à l'exception de l'eau de constitution, déshydraté totalement ou non. Au contraire, l'influence de l'eau restante est considérable dans le cas de la montmorillonite sodique. La présence de cette eau réduit de 88 à 13,6 m²/g la surface accessible à l'azote. Or, cette quantité d'eau recouvre

---

([2]) Mme Glaeser (communication personnelle) a obtenu les mêmes résultats.

([3]) S. Brunauer, P. H. Emmett et E. Teller, *J. Am. Ch. Soc.*, 60, 1938, p. 309.

([4]) Communication personnelle de l'auteur.

elle-même une surface d'environ 70 m²/g et son départ libère une surface sensiblement égale. Il semble que l'azote ne s'adsorbe que sur la fraction de la surface externe non occupée par l'eau d'hydratation des ions sodium. Ces ions se trouveraient donc à la surface externe accessible à l'azote. Au contraire, l'eau d'hydratation des ions calcium ne gêne pas l'adsorption d'azote sur la terre calcique, et son départ ne libère pas de nouvelles portions de la surface externe. Les ions calcium seraient donc situés entre les feuillets sur des surfaces internes inaccessibles à l'azote, qu'elles soient ou non recouvertes d'eau.

Ces positions différentes des ions échangeables sodium et calcium peuvent s'expliquer facilement. La réaction d'échange s'effectuant en solution aqueuse, les ions s'entourent de molécules d'eau dont le nombre augmente quand diminue le rayon atomique de l'ion ([5]). Il se peut alors que la position d'énergie minimum de l'ion dans la montmorillonite soit celle qui correspond à la position qu'occupe entre les feuillets l'ion calcium, de grand rayon, donc peu hydraté. Le grand nombre de molécules d'eau qui entourent l'ion sodium beaucoup plus petit, peut doter cet ion d'un rayon effectif assez grand pour l'empêcher de s'insérer entre les feuillets qui ne paraissent pouvoir s'écarter que de l'épaisseur de quatre couches monomoléculaires d'eau ([4]).

Les positions différentes des ions calcium et sodium peuvent expliquer les différences observées par Hendricks ([1]) dans ces diagrammes d'analyse thermique différentielle des terres alcalines et alcalino-terreuses.

Enfin, si les surfaces externes des deux montmorillonites déshydratées à 180° ne sont pas les mêmes, il faut sans doute l'attribuer au traitement acide susceptible de réduire le nombre de feuillets constituant les particules primaires, donc d'augmenter la surface spécifique.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques sur le Stéphanien de la concession de Saint-Germain (Haute-Saône).* Note ([1]) de M. **Gilbert Mathieu**.

Les affleurements de Stéphanien productif de Mourière, Ronchamp, Champagney, se complètent par les résultats positifs du sondage de Froideterre à l'ouest de la bande de Ronchamp. La ligne Giromagny-Ronchamp-Mourière-Montessaus-Lantenot correspond au bord nord d'un assez vaste bassin houiller dont le flanc sud est limité par le Massif dévonien du Saulnot, près d'Héricourt, et du Salbert, près de Belfort.

Les sondages les plus anciens du nord de Saint-Germain ont montré une ou deux veines de houille sous une couverture de 225^m à 290^m de Permien. Le sondage de Froideterre a traversé 530^m de Permo-Trias pour rencontrer un riche

---

([5]) G. Wiegner, *J. Soc. Ch. Ind.*, 50, 1931, p. 65 T et 103 T.

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

faisceau de cinq veines de houille ayant respectivement, $0^m,75$, 1^m, $2^m,78$, $0^m,42$ et $1^m,34$ d'ouverture.

Le sondage de La Coulonge à $2^{km},500$ à l'est de la ville de Lure (le long de la voie ferrée de Belfort) est descendu jusqu'à 1168^m sans rencontrer de couches très épaisses avec plus de 800^m de couverture de Permien et de Trias.

Les carottes de ces sondages, conservées au Château de Franchevelle (Haute-Saône), furent jetées aux déblais à la suite de l'incendie du Château par les allemands en septembre 1944. Cela constitue évidemment une grande perte pour la science. Néanmoins, avec le concours de M. Egermann, ingénieur principal aux Mines de Ronchamp, j'ai pu étudier 69 carottes avec étiquettes provenant des huit sondages mélangés. Ceci me permet d'annoncer avec certitude les faits suivants :

A. *Pétrographie*. — Il est facile dans les sondages de reconnaître les roches et les faciès du Houiller de Ronchamp. On y observe le schiste noir à végétaux macérés comme au puits Arthur de Buyer (sondages de La Coulonge), les poudingues du toit de la deuxième veine, les grès et poudingues talqueux.

Enfin, j'ai reconnu de toute évidence la formation dite de transition, c'est-à-dire la grauwacke verdâtre supposée Namurienne ([2]) qui, ici, renferme des débris végétaux.

L'observation essentielle, c'est qu'à Belfort j'ai pu examiner une carotte de grès talqueux avec l'étiquette *Sondage de Froideterre profondeur* 581. Le grès talqueux caractéristique du faisceau inférieur de Mourière se trouve au-dessus des cinq veines de houille de Froideterre. A la base, on a le terrain de transition, parfois rubéfié, noté par erreur comme Permien sur certaines coupes communiquées par le Service des Mines de Dijon.

Le faisceau de Mourière, qui ne donne à Ronchamp qu'une ou deux couches de charbon à forte teneur en cendres et très pyriteuses, passerait donc à l'Ouest de l'autre côté de la butte triasique du Mont de Vannes à un riche gisement.

La houille du Bassin de Saint-Germain a été considérée comme ayant une forte teneur en cendres, plutôt schiste que houille, d'après M. J. Desrousseaux ([3]). Remarquons que l'analyse porte sur l'ensemble des veines barrées de schiste, sur le *tout venant* recueilli dans les sondages, tandis que les échantillons de houille conservés dans des bocaux à Belfort indiquent une belle qualité de charbon.

Immédiatement au toit du faisceau de Froideterre à $694\text{-}697^m$, il existe une roche très voisine, sinon identique aux *Tonstein* du Bassin houiller sarro-

---

([2]) Gilbert Mathieu, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1016.

([3]) J. Desrousseaux, Bassins houillers et lignitifères de France. *Statistique. Industrie minérale*, Paris, Imprimerie Nationale, 1938, p. 77.

lorrain. Ce n'est pas un argument suffisant pour réunir à l'Ouest le bassin sarro-lorrain, connu jusqu'à *Gironcourt*, près de Mirecourt, au bassin franc-comtois de Lure. Une crête granitique doit exister suivant une direction Ouest-Est depuis Fontaine-les-Luxeuil jusque vers Chalindrey, où le granite ressort directement sous le Keuper, à Bussières-les-Belmont (Haute-Marne). Le même processus de lessivage de massifs granitiques sous climat humide, qui aboutit à des dépôts d'argiles kaoliniques cryptocristallines ([1]), s'est fait aussi bien dans la sédimentation houillère de la Sarre au Nord, que dans celle de Lure au Sud.

J'en tire deux conclusions, le Bassin de Ronchamp, où le Tonstein est inconnu, s'approfondit à l'Ouest, puisque le Tonstein marque une phase d'inondation dans la Sarre. Les *Tonstein* ou *Pseudo-Tonstein* de Lure (concession de Saint-Germain) sont d'âge Stéphanien inférieur, comme celui de la veine Wahlschied en Sarre, alors que la majorité sont Westphaliens en Sarre et en Lorraine (sondage de Mont-sur-Meurthe, profondeur de 1123^{m}).

B. *Paléontologie*. — L'ensemble de la flore des sondages de Froideterre et de la Coulonge est d'âge Stéphanien (les autres sondages sont éliminés car les profondeurs indiquées sur les étiquettes excèdent 500^{m}). Citons : *Asterophyllites equisetiformis* Schlotheim; *Calamites Cisti* Brongniart; *Annularia sphenophylloïdes* Zenker (en abondance); *Pecopteris dentata* Brongniart; *Pecopteris cyatheoïdea* (fructifiés); *Pecopteris* (*Sphenopteris*) *Sterzeli*, Zeiller; *Pecopteris* cf. *arborescens* Schlotheim; *Cordaïtes lingulatus* Grand'Eury.

Au sondage de la Coulonge à 1000^{m} de profondeur, le schiste est pétri d'empreintes d'*Annularia sphenophylloïdes* Zenker; à 1070^{m},85 on note *Pecopteris polymorpha* Brongniart.

Conclusions. — La flore fossile de la concession de Saint-Germain est bien d'âge Stéphanien (*a priori*, on aurait pu penser à du Westphalien). Nous ne savons pas si les veines peu épaisses et écartées de La Coulonge sont les mêmes que celles du faisceau très serré de Froideterre. On peut supposer que, comme à Ronchamp, les veines dessinent la *queue de cheval* vers le Sud en se divisant dans le stérile.

Par contre, en s'amincissant vers l'Est, le faisceau de Froideterre doit passer à celui de Mourière. Dans ce cas, il y a transgression vers l'Est de l'étage, dit intermédiaire, de Ronchamp sur l'étage, dit inférieur, de Mourière.

Compris entre les grès et poudingues talqueux au toit et les terrains dits de transition, grauwacke verdâtre et poudingue de transition (Namurien) au mur, le faisceau de Froideterre représente, selon toute vraisemblance, le *Stéphanien inférieur*.

([1]) Pierre Pruvost, Bassin Houiller de la Sarre et de la Lorraine. Étude des *Gîtes Minéraux de la France*, 1934, p. 19 à 32.

GÉOLOGIE. — *Sur le Bassin houiller de Sainte-Foy-l'Argentière (Rhône).* Note de MM. **Marcel Thoral** et **Jean Louis.**

A une vingtaine de kilomètres à l'Ouest-Sud-Ouest de Lyon, dans la haute vallée de la Brévenne, le petit bassin houiller de Sainte-Foy-l'Argentière s'étire sur 11^{km} de longueur, de Viricelles à Sainte-Foy, avec une largeur moyenne de 2^{km}. Il se présente comme une dépression couverte de prairies, encadrée de collines moins fertiles, exceptionnellement boisées. La rivière le suit dans presque toute sa longueur, plus près de la limite méridionale à cause de la disposition des couches en synclinal dissymétrique.

Le substratum est essentiellement constitué par les chloritoschistes de la Brévenne qui, dans l'ensemble, plongent vers le Nord-Ouest; localement ils passent à des amphibolites; ailleurs, ils sont lardés de filons de microgranite. Les traces de mouvement tangentiels n'y sont pas rares : les roches tectonisées ou mylonitisées abondent, principalement vers le Sud-Ouest. Ainsi le bassin de Sainte-Foy s'est formé sur une région faible de la chaîne hercynienne, comme le veut la loi jadis énoncée par P. Termier.

Le remplissage s'est effectué par des apports locaux fluviatiles ou torrentiels, de calibre moyen ou fin, bien roulés. On y retrouve la série houillère banale : poudingues, arkoses et grès arkosiques, schistes argileux et charbon. Mais, ici, on ne connaît ni *brèche* ou gros conglomérat de base, ni schistes francs. On peut penser que les chloritoschistes étaient trop friables pour donner les dalles d'autres bassins. En outre, on sait que les granites fournissent généralement des éléments plutôt fins.

Les poudingues et les arkoses dominent à la base mais la majeure partie du remplissage est assurée par une alternance de bancs gréseux et de schistes argileux et aussi d'argiles schisteuses si peu évoluées que, dans les niveaux moyens et supérieurs, on les a largement exploitées comme terre à brique.

A l'est du bassin, dans la partie inférieure, la houille forme deux faisceaux irréguliers; le supérieur est seul exploité. La flore, pauvre, est très mal conservée. Cependant, on notera, au voisinage de la principale veine houillère, l'abondance des *Cordaïtées* à feuilles larges, ce qui est en faveur de l'opinion de Grand'Eury : le faisceau houiller est du Stéphanien supérieur.

Plus haut, dans un banc de grès arkosique, nous avons récolté de nombreux *Dadoxylon* dont quelques-uns portent des anneaux indiquant une croissance saisonnière. Comme, d'après Grand'Eury, le Stéphanien de la Loire serait plus riche en *Dadoxylon* que le Permien d'Autun, il ne nous est pas possible, en l'état actuel de notre information, de dater exactement les couches supérieures de Sainte-Foy. La série paraît continue, mais aucun fossile ne permet d'affirmer l'existence du Permien inférieur, suggérée seulement par l'abondance des argiles schisteuses colorées.

La tectonique paraît simple. Les côtés Nord-Ouest, Sud-Est et Sud-Ouest sont limités par des failles verticales ou subverticales, observables au moins en une

douzaine de points. D'abord orientées respectivement NE-SW et N-S, elles se recourbent légèrement vers l'Ouest dans leur partie occidentale. La terminaison Nord-Est du bassin est moins nette. Il est possible que l'on y ait une combinaison d'accidents verticaux et de limite sédimentaire. Dans l'ensemble, le bassin se présente donc comme une touche de piano accrochée à son extrémité Nord-Est et légèrement enfoncée vers le Sud-Ouest.

Dans l'intérieur du bassin, de semblables accidents directionnels ont été reconnus dans les travaux de mines, malheureusement localisés au Nord-Est, dans la concession de Sainte-Foy; leur rejet varie de quelques mètres à 30 mètres pour le plus important (?) d'entre eux dit *rejet de cent pieds*. Il existe également des accidents Sud-Est et Nord-Ouest moins bien connus

Sur une coupe transversale, le bassin se présente comme un synclinal dissymétrique, haché de failles longitudinales de faible rejet. L'aile Nord-Ouest plonge régulièrement sous un angle de 15° à 18°, tandis que l'aile méridionale est quelquefois relevée à 65° (ruisseau des Ogiers), voire à la verticale (près du Santange). Cette disposition a déterminé le glissement de la Brévenne près de la limite Sud du synclinal houiller. Les failles bordières sont souvent jalonnées par un remplissage de quartz et de barytine, comme de très nombreuses fractures du Beaujolais.

Sur une coupe longitudinale, on observe également une disposition en berceau dissymétrique. Au Nord-Est, les couches s'inclinent de 13° à 22° vers l'Ouest. Dans la partie médiane, d'après ce qu'on peut observer dans les glaisières de Souzy, le plongement Est-Ouest devient très faible ou nul. Enfin, près de Meys, à l'extrémité Sud-Ouest, les couches se relèvent vers l'Ouest sous un angle atteignant de 25° à 40°. L'ombilic est donc décalé vers le Sud et l'Ouest. Malgré la couverture de prairies, on croit suivre les poudingues et les schistes argileux rouges de base; ils forment une sorte de calotte subelliptique de grand axe Sud-Ouest-Nord-Est, fortement relevée sur son bord Sud et tronquée par les failles bordières. Ces affleurements doivent dessiner la vraie forme de la cuvette houillère.

Au total, le Bassin houiller de Sainte-Foy est le reste d'un synclinal de direction varisque, établi sur une zone faible, rempli de Stéphanien supérieur, déformé dans une phase hercynienne tardive, et dont la structure d'ensemble reproduit, à une échelle réduite, celle du bassin de Saint-Étienne. Ce dernier étant situé à une vingtaine de kilomètres à vol d'oiseau au Sud-Ouest, dans une dépression homologue de la chaîne hercynienne, le contraire eût été surprenant.

GÉOLOGIE. — *Sur la genèse des calcaires noduleux et des lydiennes à nodules phosphatés de la Montagne Noire* (*Hérault*). Note de M. **Bernard Gèze**.

Les calcaires noduleux du Dévonien moyen, surtout du Dévonien supérieur (marbres griottes) et du Viséen inférieur (calcaires à *Prolecanites*), ainsi que les lydiennes à nodules phosphatés du Tournaisien terminal ou du Viséen très

inférieur, ont été généralement considérés comme caractéristiques d'une sédimentation en eau relativement profonde.

A la suite des travaux de R. Böhm [1] et de M. Thoral [2], il est cependant permis d'avoir des doutes pour les calcaires noduleux. L'abondance des Goniatites et des Clyménies, qui ont surtout attiré l'attention en raison de leur valeur comme *fossiles caractéristiques*, ne doit pas faire oublier que les griottes renferment aussi, et en bien plus grande quantité, des Encrines, des Polypiers, des Brachiopodes, des Lamellibranches, des Gastéropodes, des Ostracodes, des Trilobites, le plus souvent en débris. Des plaques minces m'ont même montré des petits galets calcaires, ce qui, avec l'observation faite par R. Böhm de surfaces corrodées et de nombreuses discontinuités, prouve une sédimentation troublée, probablement de faible profondeur, dans la zone néritique de la *marge continentale*.

La couleur rouge de la vase calcaire reliant les nodules, ainsi que les croûtes ferrugineuses qui ne sont pas rares dans ces niveaux, font en outre penser à l'apport d'argiles latéritiques, provenant des formations superficielles d'un continent peu éloigné.

La lacune du Tournaisien inférieur, immédiatement avant le dépôt des lydiennes à Radiolaires et nodules phosphatés *en eau très calme, vraisemblablement profonde*, pose ensuite un problème difficile que L. Cayeux [3] a proposé de résoudre par une interruption de sédimentation, sans émersion. Mais cela n'explique pas le motif du changement de type de sédiment et ne convient plus après ce que nous venons de voir pour le Dévonien; aussi, la question me paraît-elle faussée par l'idée de grande profondeur, sans doute erronée pour ce niveau, comme pour les précédents.

En effet, l'interruption de sédimentation me semble bien correspondre à une émersion, pendant laquelle des cavités karstiques se seraient développées dans les calcaires du Dévonien supérieur. Il n'est d'ailleurs pas démontré que la lacune ait été de très longue durée, car la série dinantienne commence par une passée de schistes sans fossiles, antérieurs aux lydiennes. La partie inférieure du Tournaisien serait alors seule absente et la discontinuité serait à peine plus longue que celles qu'on a déjà observées dans le Dévonien supérieur.

De plus, il convient de souligner que le régime de formation de nodules calcaires du Dévonien supérieur se poursuit avec les nodules des lydiennes, dont les premiers formés sont calcaires, les suivants seulement phosphatisés, et se retrouve identique dans les nodules à *Prolecanites* du calcaire viséen inférieur,

(1) *Étude sur les faunes du Dévonien supérieur et du Carbonifère inférieur de la Montagne Noire*, Montpellier, 1935.

(2) *Cycles géologiques et formations nodulifères de la Montagne Noire* (*Nouv. Arch. Museum Hist. Nat. Lyon*, **1**, 1946).

(3) L. Cayeux, *Les phosphates de chaux sédimentaires de France* (*Mém. Carte géol. Fr.*, **1**, 1939, p. 82).

faits qui tous semblent s'opposer absolument à l'idée d'une mer brusquement approfondie pour le seul dépôt des lydiennes.

Le véritable problème restant alors à résoudre est celui de l'origine de la silice qui a permis la pullulation des Radiolaires, donc le dépôt des lydiennes, entre Tournaisien supérieur et Viséen inférieur.

A cet égard, il n'est pas inutile de remarquer que des formations comparables, du Morvan et des Vosges par exemple, sont étroitement liées à des tufs ou des coulées de roches éruptives variées. Il est permis de penser, ainsi que pour les Radiolarites et les *roches vertes* des Alpes, que cette association n'est pas fortuite et que celles-ci expliquent celles-là.

Or, j'ai reconnu que la Montagne Noire ne fait pas exception et qu'on y rencontre effectivement des roches éruptives dinantiennes : granites et porphyrites très riches en apatite [4]. D'ailleurs, bien que les gisements primitifs ne soient pas reconnaissables, en raison des complications tectoniques, il convient de remarquer que les lydiennes sont précisément développées dans les zones proches des affleurements volcaniques actuels, tandis que, lorsqu'on s'éloigne d'eux, elles se fondent progressivement dans les schistes et disparaissent totalement.

En définitive, je crois qu'il y a eu dans la Montagne Noire, pendant le Dévonien supérieur et le Dinantien, une période de grande instabilité sédimentaire, avec oscillations du fond de la mer, fréquentes mais de faible ampleur, allant jusqu'à une émersion de caractère eustatique au cours du Tournaisien inférieur. Les sédiments furent presque constamment des calcaires noduleux, sauf pendant le Tournaisien supérieur-Viséen inférieur, où, le début d'une phase volcanique ayant sensiblement enrichi les eaux marines en silice dont pouvaient disposer les Radiolaires et en phosphate de chaux provenant de l'apatite, les concrétions noduleuses devinrent phosphatées et se formèrent au sein de lydiennes.

GÉOLOGIE. — *Sur les phases tectoniques de l'Estérel.*
Note de M. **Pierre Bordet**, présentée par M. Charles Jacob.

Le lever de la Carte géologique de l'Estérel au 1/20 000 m'a permis de mettre en évidence l'existence dans cette région d'une importante phase orogénique permienne.

La région étudiée [1] s'étend de la Napoule à l'Est jusqu'à Gonfaron à l'Ouest, sur une longueur d'environ 55^{km} et une largeur maxima de 15^{km}.

---

(4) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1163.

(1) Renseignements topographiques des cartes au 1/50000, feuilles de Cannes, Fréjus, Draguignan, Collobrières.

1. J'ai pu établir une coupe stratigraphique détaillée du Permien dans la vallée du Reyran ([2]). J'ai suivi de part et d'autre les variations de cette coupe et j'ai mis en évidence un fait qui semble avoir échappé jusqu'ici : c'est le morcellement extrêmement poussé de la série permienne, par plusieurs centaines de failles à faible rejet et disposées sans aucune régularité; une orientation générale grossièrement Est-Ouest se dégage pourtant de cet ensemble.

Ces failles affectent principalement les coulées volcaniques peu épaisses; elles semblent s'amortir dans les séries sédimentaires encaissantes. En plusieurs points on remarque pourtant des accidents de style extrusif. Cette structure faillée du Permien se retrouve de la Napoule jusqu'au sud de Vidauban, partout où une stratigraphie peut être établie.

L'effort orogénique a, de plus, redressé localement la série permienne à plus de 46° et jusqu'à 70° au nord de Boulouris.

2. L'Estérellite (microdiorite quartzifère) forme une série de laccolites superposés, régulièrement interstratifiés dans la série stratigraphique permienne et qui ont été inclinés et brisés avec elle.

3. Le synclinal stéphanien du Plan de la Tour se prolonge au Nord de la dépression permienne par celui de Pennafort.

La bande granitique du Plan de la Tour se prolonge par le massif de granite à cordiérite situé à l'ouest de Saint-Paul-en-Forêt ([3]).

Ces accidents du socle, ainsi que le synclinal stéphanien du Reyran, sont à l'origine d'une série de failles sensiblement Nord-Sud qui affectent le Permien, et localement, avec un rejet très faible, le Trias inférieur.

4. La faille qui borde au Sud la dépression permienne entre Roquebrune et le Muy a joué dès le Permien, car elle contient une brèche rhyolitique ([4]). La faille Nord-Est-Sud-Ouest qui passe derrière Roche-Rousse au sud-ouest du Muy a, elle aussi, servi de passage à une éruption rhyolitique.

Je n'ai pas d'argument positif pour dater les failles qui bordent au Sud le bassin des Arcs et celui du Luc, mais je pense qu'elles sont du même âge.

5. J'ai étudié en détail le Trias de la corniche qui limite au Nord la dépression permienne entre Saint-Paul-en-Forêt et Gonfaron sur 45^{km}. Ce Trias repose en discordance stratigraphique, indifféremment sur le socle cristallin ou sur le Permien. Sa discordance angulaire avec le Permien est bien visible dans les régions de Bagnols-en-Forêt, Pennafort et Vidauban.

Un repère stratigraphique précis est fourni par le contact entre les grès bigarrés et les marnes et cargnieules de la base du Muschelkalk : ce repère est presque horizontal. Mise à part la faille Est-Ouest qui limite au Sud le synclinal secondaire du Luc, on n'y relève que trois ou quatre petites failles Nord-Sud et des flexures locales qui ne dépassent guère une vingtaine de degrés. Les failles à grand rejet du Permien n'affectent pas cette régularité, même lorsqu'on peut les suivre jusqu'au voisinage du Trias.

6. Pourtant on peut mettre en évidence un rejeu notable post-triasique de certains accidents : affaissement du Trias de Bagnols, surrection de l'extrémité occidentale de la Colle du Rouet, etc.

([2]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 415.

([3]) P. Bordet, *Observation sur le Permien des environs de Roquebrune sur Argens, Var* (*C. R. Soc. Géol. Fr.*, 1943, p. 63).

([4]) Je n'ai étudié, dans le bassin du Luc, que les deux bordures Nord et Sud ainsi que la région rhyolitique située au Sud de Vidauban.

De ces faits on peut conclure, je pense, ceci :

1. Le Permien a été affecté par une orogénie anté-triasique importante (phase saalienne de Stille), d'orientation sensiblement Est-Ouest et donc à peu près perpendiculaire à la direction hercynienne indiquée par les synclinaux stéphaniens (NNE-SSW).

Elle fait suite à une série de légers mouvements contemporains de la sédimentation permienne, et orientés déjà Est-Ouest.

2. Cette orogénie a affecté un ensemble situé au voisinage de la surface topographique d'alors et formé de couches plastiques enfermant des couches plus rigides; sous l'effort, celles-ci se sont brisées en nombreux fragments irréguliers.

3. Cette phase orogénique a été suivie d'un nivellement presque complet avant le début du Trias.

4. L'Estérellite, interstratifiée dans le Permien, et affectée par cette orogénie, est donc antétriasique.

5. *Dans cette région*, les phases orogéniques postérieures, phase pyrénéenne en particulier, n'ont que peu affecté le socle antétriasique. Les mouvements tardifs qu'on y remarque paraissent être, soit des bombements à grand rayon de courbure, soit des rejeux d'accidents hercyniens ou permiens.

6. L'orogénie pyrénéenne, dont l'action a été dominante dans la Provence calcaire, n'a donc affecté que la couverture secondaire et tertiaire : un décollement dont les traces sont bien connues, s'est produit dans le Trias suivant le processus que l'on constate en beaucoup d'autres régions.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de houilles permiennes dans les Indosinias inférieures de la vallée du Song Ca (Nord-Annam).* Note [1] de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Charles Jacob.

Appelé à reconnaître un gisement de charbon dans la vallée du Song Ca, à 30^{km} environ en aval de Cua Rao, j'eus la surprise de constater que les renseignements fournis jusque-là sur les charbons prospectés ne devaient pas concerner ce gisement. En effet, on ne connaissait dans cette région que des lignites tertiaires et non de véritables houilles à usages industriels.

Le gisement en question est situé sur la rive droite d'un petit affluent de gauche du Song Ca, le Khe Mu, à 300^{m} environ de son confluent, lui-même situé à 2^{km} en amont de Khe-Bo.

Dans cette région, le Song Ca traverse un important lambeau de Tertiaire plissé, dirigé W-N-W, coincé dans des formations beaucoup plus anciennes principalement anthracolithiques que j'ai dénommées, en 1927, *Complexe*

(1) Séance du 12 décembre 1946.

grésoschisteux souvent lustré de l'Anthracolithique [2] et que j'ai rangées plus tard à la base de formations continentales à grande extension géographique auxquelles, par analogie avec les Angaras et les Gondwanas, j'ai donné le nom d'*Indosinias* [3]. C'est dans ces Indosinias inférieures que se trouve le gisement visité.

Actuellement les recherches portent sur deux couches A et B, exploitées, la première en galerie, la deuxième à découvert.

La couche A se trouve à 200^m environ au Nord-Est du village de Huon-Mu; elle a 2^m de puissance; sa direction est sensiblement Est-Ouest, et son pendage est de 70 à 80° vers le Sud.

La coupe relevée à ses abords est la suivante du Sud au Nord :

1° Grès quartzites micacés à quartz nourris;

2° Schistes séériciteux, roses, très laminés, contenant des amygdales étirées de quartzite à grain fin et de la limonite;

3° Schistes gris satinés, micacés, à débris de végétaux et assez fortement laminés;

4° Couche de charbon de 2^m, interrompue brusquement à son mur par un accident subvertical qui la met en discordance au contact d'une zone de terrains très disloqués;

5° Schistes et grès à grain fin et débris de tourmaline. Dans cette partie de la coupe se voit un filon de quartz très tourmenté.

La couche B a une direction sensiblement Nord-Sud, c'est-à-dire perpendicnlaire à la précédente, avec une inclinaison moyenne de 30° vers l'Ouest. Sa puissance réelle est de 6 à 7^m; en affleurement, elle forme une bande de 12^m environ.

Bien que située au Nord de la couche A et à moins de 100^m d'elle, il ne semble pas y avoir de relations entre ces deux couches, en raison de l'accident qui les sépare.

La coupe de ce gisement se présente donc ainsi, du Sud-Ouest, au Nord-Est :

1° Épaisse série de schistes bruns avec débris de plantes parmi lesquelles figurent des feuilles de *Gigantopteris* sp. ;

2° 6 à 7^m de charbon ;

3° Schistes argileux brun-noir avec nombreux débris de plantes ;

4° Quartzites micacés à quartz nourris, mica noir et tourmaline verdâtre, passant à une petite brèche de quartz nourris avec ciment ferrugineux et micacé ;

5° Brèche ou conglomérat bréchoïde, formée de fragments de formes très irrégulières de quartzites à grain fin, de lydiennes et de quartzites micacés voisins de la formation 4° ;

6° Zone broyée.

Les formations reconnues dans la coupe B sont les mêmes que celles de la coupe A; elles n'en diffèrent surtout que par des détails et les épaisseurs. Toutefois, alors que dans la coupe A se montrent des grès et des schistes présumés dévoniens (couches 5), dans la coupe B apparaît à la base une sorte de conglomérat qui pourrait être à la fois un ancien poudingue de base et une brèche tectonique.

Dans cette coupe B, le fait le plus intéressant se trouve dans l'existence de *Gigantopteris* sp., genre connu dans la partie permienne des Angaras de Chine

---

(2) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 16, 1927, p. 2.

(3) J. FROMAGET et F. BONELLI, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 538, et J. FROMAGET, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 62, 1941, p. 2.

et dans les Indosinias inférieures au Nord (4) et au Sud-Ouest (5) de Phong-Saly.

Les accidents relevés dans les deux coupes sont sensiblement parallèles et paraissent appartenir à la série de dislocations qui ont occasionné la formation du fossé du Song Ca, fossé qui, à tous égards et avec la même origine, est comparable à celui du Fleuve Rouge.

Les charbons. — Dans la galerie (couche A), la verticalité de la couche a dérangé le combustible, qui a pris un aspect fluidal et contient de nombreux plans d'écoulement lisses et très contournés; par ailleurs, le charbon est léger. brillant sur toutes ses cassures qui présentent souvent des irisations.

Dans le découvert (couche B), le charbon est léger, plus ou moins brillant, plus fragile au milieu de la couche et près du mur qu'aux abords du toit.

Dans l'ensemble, ces charbons sont très homogènes, bien qu'un peu plus riches en matières volatiles dans le découvert (moyenne 13,1) que dans la galerie (11,8). Ce sont des houilles demi-grasses, très voisines par leur composition du *Charleroi* dont on trouvera ci-après quelques analyses à titre de comparaison.

	Charbon de Khe Bo (%) (6).				Charleroi (%) (7).	
		Découvert				
	Galerie (%).	au-dessus du mur.	au-dessous du toit.	au milieu.	Meurant-Marcinelle.	Montceau-Fontaine.
Humidité...........	1,7	1,5	1,4	1,3	1,8	2,9
Matières volatiles....	11,8	12,4	13,5	13,5	11,0	10,9
Cendres............	5,3	4,2	8,1	3,3	7,5	7,7
Carbone............	81,2	81,9	77,0	81,9	–	
Soufre total.........	1,8	2,9	4,5	1,4	–	–
Pouvoir calorifique..	7992	8153	7977	8306	7929	7809
Coke...............			pulvérulent			

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Contribution à l'étude des précipitations.* Note de M. **Georges Dady**, présentée par M. Henri Villat.

Les théories des précipitations atmosphériques se sont jusqu'ici partagées entre la coalescence directe, Kohler (1), Wigand et Schmauss (2),

(4) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 341.

(5) Renseignement inédit de M. Saurin qui a récemment découvert ces formations permiennes.

(6) Analyse du Laboratoire du Service des Mines, M. Lade, directeur. *Bull. d'analyse* n° **11 207**, 21 juin 1944.

(7) E. Gruner et G. Bouquet, *Atlas général des Houillères*, 2e partie, p. 27.

(1) *Geofis. Publik.*, **2**, 1922, p. 6.

(2) *Die Atmosphäre als Kolloid*, Brunswick, 1929.

Frankergerber [3], qui explique la formation des gouttes de pluie par la réunion des gouttelettes du nuage, et la coalescence indirecte, Bergeron [4] qui donne à la vapeur d'eau un rôle prépondérant dans le grossissement des gouttes. Cette Note a pour objet de montrer que la coalescence directe ne peut être qu'un phénomème exceptionnel.

Nous avons procédé à la formation artificielle de brouillards, dans un caisson de 30^{m^3}, approximativement isotherme, soit par pulvérisation d'un jet liquide, soit par une détente quasi adiabatique. La dimension des gouttes est contrôlée au microscope à la sortie du pulvérisateur par leur capture mécanique sur un support approprié; le diamètre moyen est de 4^{μ}, la courbe de répartition, en fonction du diamètre, est à bord brusque du côté des petites gouttes, et décroît jusqu'à 15^{μ} de l'autre côté.

Nous avons examiné individuellement les gouttes au microscope à l'intérieur du volume du caisson. Le microscope permettait d'observer un volume cylindrique de $0^{mm},2$ de rayon et de 10^{μ} de profondeur. Pour ne pas troubler les phénomènes, nous avons veillé à ce que ce volume ne soit pas au voisinage d'une paroi et pour faciliter l'observation nous avons amorti la turbulence à l'aide de grilles.

Les observations ont porté, au total, sur un temps de l'ordre de 10 heures. Bien que le nombre de gouttes par centimètre cube et leur vitesse moyenne soient variables au cours de l'évolution du brouillard, on peut, par l'observation, sinon mesurer ces quantités, du moins apprécier leur grandeur.

Un calcul simple emprunté à la théorie cinétique des gaz, permet de connaître le nombre N de collisions par unité de volume et par unité de temps :

$$N = n^2 s^2 \bar{c} \frac{\pi}{\sqrt{2}},$$

où n est le nombre de gouttes par centimètre cube, s le rayon d'une goutte, $\bar{c}$ la vitesse moyenne d'une goutte. Mais en réalité le nombre que nous apprécions est le nombre ν de gouttes coexistant dans le champ du microscope; si nous appelons r le rayon du volume observé et d la profondeur de champ, nous pouvons écrire : $n = \nu/\pi r^2 d$. L'évaluation de la vitesse s'effectue en appréciant le temps moyen qu'une goutte met pour traverser le champ du microscope.

$$c = \frac{2r}{\tau}.$$

Nous obtenons de là le nombre de collisions $\mathfrak{N}$ par seconde pouvant s'effectuer dans le champ d'observation

$$\mathfrak{N} = \frac{\nu^2 s^2 \sqrt{2}}{r\, d\tau}.$$

---

(3) *Ann. der Hydr.*, **10-11**, 1931, p. 353-363 et 398-403.

(4) *Proc. Verb. U.G.G.I.*, Lisbonne, 1933.

Comme, en moyenne, $\nu=5$; $s=2.10^{-4}$ cm, $r=2.10^{-2}$ cm, $d=10^{-3}$ cm, $\tau=1$ seconde, on devrait observer une collision en 40 secondes et s'il y a coalescence une confusion de deux trajectoires pendant ce même temps.

Or nous n'avons jamais pu observer une seule fois ce phénomène. Nous avons toutefois constaté très souvent, avec une période de l'ordre de la dizaine de secondes, le croisement de deux trajectoires. Ces croisements ne sont évidemment pas tous réels, mais aucun n'a pu mettre en évidence la coalescence.

Pour appuyer cette expérience et développer cette idée, nous avons comparé la persistance des brouillards d'eau et d'huile. Les dimensions des gouttes contrôlées à la sortie du pulvérisateur étaient du même ordre de grandeur que celles de l'eau. Pour le liquide volatil, la persistance du brouillard est environ 300 fois plus grande.

Il faut conclure que le brouillard d'huile est disparu, après l'amortissement lent de la turbulence, par un effet de sédimentation; d'ailleurs les surfaces horizontales sont seules mouillées d'huile à la fin de l'expérience. Tandis que les gouttelettes d'eau ont disparu par évaporation ou par une sédimentation accélérée par l'évaporation.

Ces quelques expériences militent donc, dans la tentative d'explication des précipitations atmosphériques, en faveur des théories qui font intervenir des effets d'évaporation et de condensation à l'intérieur d'un nuage plutôt que celles qui impliquent un phénomène mécanique de choc.

MÉTÉOROLOGIE. — *Théorie de certaines ondes courtes de la tropopause.* Note de M. **Paul Queney**, présentée par M. Charles Maurain.

La théorie présentée ici est le développement des résultats donnés sommairement dans une Note précédente (1). Le problème dont il s'agit est la recherche des ondes libres adiabatiques et lentes d'un courant atmosphérique zonal permanent dans lequel :

a. La stabilité hydrostatique $s=(g/\theta)(\partial\theta/\partial z)$ (g, gravité; θ, température potentielle; z, altitude) a une valeur uniforme s_1 dans la troposphère S_1 et une autre valeur uniforme et supérieure s_2 dans la substratosphère S_2;

b. La vitesse u du courant vers l'Est est une fonction linéaire de l'altitude, $u=u_s+\gamma z$, u_s étant une constante et le coefficient γ ayant également des valeurs uniformes γ_1 et γ_2 dans S_1 et S_2 respectivement (normalement on a $\gamma_1>0$ et $\gamma_2<0$), ce qui exige un gradient horizontal de température dans chacun des milieux, et une légère pente de la tropopause, d'ailleurs négligeable dans les calculs.

Par ondes lentes, nous entendons des ondes dont la pulsation par rapport au courant de base est petite comparée à f, paramètre de Coriolis. Si l'on se

(1) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 584-585.

limite aux ondes à propagation zonale, telles que la perturbation locale δp de la pression soit donnée par une expression de la forme

$$\delta p = \sqrt{\rho}\, P(z) \cos k(x - ct),$$

où ρ désigne la densité, x l'élongation vers l'Est, t le temps, et où k (nombre d'onde) et c (vitesse de phase, éventuellement csmplexe) sont deux constantes, on trouve que dans chacun des milieux S_1 et S_2 la fonction $P(z)$ doit vérifier une équation de fonction hypergéométrique confluente,

$$\frac{d^2 P}{d\zeta^2} - \left(\frac{1}{4} + \frac{\alpha}{\zeta}\right) P = 0$$

avec

$$\zeta = 2\mu\left(z + \frac{u_s - c}{\gamma}\right), \qquad \alpha = \frac{a}{2\mu\gamma}, \qquad \mu^2 = \frac{s}{f^2} k^2 + \overline{m}^2,$$

a et $\overline{m}$ étant deux paramètres, constants dans chaque milieu, de l'ordre de 10^{-9} et 10^{-6} C. G. S. respectivement. On trouve d'autre part, pour expression du déplacement vertical Δz,

$$\Delta z = \frac{-1}{\sqrt{\rho s}} \left[\frac{dP}{dz} + \left(m - \frac{2\mu}{\zeta} \right) P \right],$$

m étant une autre constante du même ordre de grandeur que $\overline{m}$.

En écrivant que δv et Δz sont continus sur la tropopause $z = z_0$, considérée comme une surface fluide, et que Δz est nul au sol et à l'infini, on obtient une relation entre k et c, qui fournit l'équation de dispersion des ondes; mais cette équation n'est pas simple en général, puisqu'elle fait intervenir c dans l'argument de fonctions hypergéométriques. Les résultats sont simples, toutefois, dans les milieux extrêmes $\alpha \gg 1$ et $\alpha \ll 1$, le premier correspondant à des ondes de Rossby généralisées, satisfaisant approximativement à l'équation de dispersion $c = u - (\beta/k^2)$ (β étant le gradient Nord-Sud de f) et intéressant toute l'épaisseur de la troposphère, le second étant ce qu'on peut appeler le cas des ondes courtes ($\gamma k \gg 10^{-11}$ C. G. S., de façon précise), et étant plus particulièrement l'objet de cette Note.

Si $\alpha \ll 1$, on peut supprimer α dans l'équation en P, et $\overline{m}$ dans l'expression de μ, d'où la solution simple

$$P_1 = P_0 \exp \frac{\sqrt{s_1}}{f} k(z - z_0), \qquad P_2 = P_0 \exp \frac{-\sqrt{s_2}}{f} k(z - z_0)$$

et l'équation de dispersion

$$u_0 - c = \frac{f}{k} \left(\frac{\gamma_1}{s_1} - \frac{\gamma_2}{s_2} \right) \Big/ \left(\frac{1}{\sqrt{s_1}} + \frac{1}{\sqrt{s_2}} \right),$$

l'indice 0 désignant la valeur d'un élément au niveau de la tropopause, et les indices 1 et 2 étant relatifs aux milieux S_1 et S_2 respectivement.

Les principales caractéristiques des ondes correspondantes sont les suivantes :

a. Les ondes sont stables;

b. Leur propagation est essentiellement régie par la discontinuité du rapport γ/s sur la tropopause, et l'écart $u_0 - c$ est proportionnel à la longueur d'onde, et non pas au carré de la longueur d'onde comme pour les ondes de Rossby;

c. L'amplitude des ondes est maxima près de la tropopause et décroît à peu près exponentiellement de part et d'autre, plus vite au-dessus qu'au-dessous, de sorte que le mouvement n'atteint pratiquement pas la troposphère inférieure; l'amortissement est inversement proportionnel à la longueur d'onde, comme pour la houle océanique courante;

d. Le déplacement vertical Δz est en phase avec δp, et le rapport $\Delta z_0/\delta p_0$ est proportionnel à k;

e. Le déplacement Δy vers le Nord, très supérieur à Δz, est également en phase avec δp, et le rapport $\Delta y/\Delta z$ est indépendant de k; le mouvement est d'ailleurs très sensiblement géostrophique, de sorte qu'il n'y a qu'un très faible glissement sur la tropopause, de l'ordre de $\Delta y_0/100$;

f. La variation locale δT de la température, due surtout au déplacement horizontal, est normalement en phase avec δp dans la troposphère, en opposition de phase dans la stratosphère.

Si l'on adopte les valeurs numériques suivantes (en C. G. S.) : $s_1 = 1,3.10^{-4}$; $s_2 = 4,4.10^{-4}$; $\gamma_1 = 2.10^{-3}$; $\gamma_2 = -2.10^{-3}$; $f = 10^{-4}$; $k = 3.10^{-8}$ (longueur d'onde $= 2000^{km}$ environ), on trouve : $u_0 - c = 4,9$ m/s; $\Delta z_0/\delta p_0 = 0,12$ km/mb; $\Delta y_0/\Delta z_0 = 4.10^3$; $\delta T_0/\delta p_0 = 1^\circ,8$ C/mb et $-3^\circ,2$ C/mb, dans S_1 et S_2 respectivement.

On ne peut pas manquer de rapprocher tous ces résultats des propriétés des perturbations d'altitude localisées près de la tropopause, qui ont été signalées par divers aérologistes, et en particulier tout récemment par V. Mironovitch [2].

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Présence de sols polygonaux et striés dans les Pyrénées françaises.* Note de MM. **André Cailleux** et **Pierre Hupé**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

On sait [1] que les sols polygonaux sont caractérisés par la disposition des plus grosses pierres suivant le pourtour de cercles ou de polygones dont le centre est occupé par des parties plus fines. On les observe, à l'époque actuelle, dans les régions arctiques (Spitzberg, Islande, etc.), dans les monts de Norvège au-dessus de 1200^m (Finse) et dans les Alpes [2] au-dessus de 2500^m. La disposition polygonale a été expliquée en évoquant soit la pression

---

[2] *Thèse*, éditée par la Météorologie Nationale, Paris, 1947.

[1] Emm. de Martonne, *Traité de Géographie physique*, 5e éd., Paris, 1932-1935.

[2] Maurice Gignoux, *Un bel exemple de « sol polygonal » dans les Alpes françaises* (*Bull. Soc. Scient. du Dauphiné*, 56, 2 planches, Grenoble, 1936).

latérale (³) de la glace qui cristallise dans le sol, soit sa poussée verticale (⁴), soit enfin les mouvements de convection qui s'établissent dans la couche superficielle lors du dégel estival (⁵). Quant à la disposition striée souvent observée sur les pentes, on l'attribue à l'action conjointe des facteurs précédents et de la pesanteur.

Dans le cadre des études préliminaires à l'expédition que M. Paul-Émile Victor doit prochainement conduire au Groenland, nous avons été amenés à rechercher des sols polygonaux et striés dans les Pyrénées. Nous les avons trouvés dans la région d'Orédon, commune d'Aragnouet (Hautes-Pyrénées).

Là, à 1^{km} au nord du Pic de Campbieil, entre les cotes 2700 et 3000 environ, sur pentes de 0 à 27°, s'observent, par essaims discontinus, des sols polygonaux et striés. Les sols polygonaux se rencontrent seulement en terrain horizontal ou de pente inférieure à 7°; comme d'habitude, le centre des polygones est formé de parties plus fines; le contour, de pierres plus grossières, en majorité disposées sur la tranche ou verticalement; l'un et l'autre matériel dérivent de l'éclatement par le gel, dont on peut suivre l'effet émiettant à partir des pointements voisins de roche en place (schiste, calcaire, ...). Le diamètre des polygones varie de 12 à 60^{cm}. Il est à peu près constant pour tous les polygones d'un même essaim. Plus il est grand, plus les pierres du pourtour du polygone sont de grande taille, atteignant à l'extrême 10 à 20^{cm}.

Isodiamétriques sur pente de 0° à 1°, les polygones s'allongent parallèlement à la pente et au fur et à mesure que celle-ci augmente. On passe ainsi, parfois sur une distance d'un ou deux mètres, à des sols striés, faits de bandes alternativement fines et grossières, distantes de 10 à 30^{cm}, parallèles à la pente; par places, une anastomose transversale entre deux bandes grossières rappelle la relation originelle avec les sols polygonaux. Le triage est poussé fort loin, au point de donner l'impression que le sol a été hersé.

Bien qu'aucun mouvement ne soit décelable au cours d'une journée, on a l'impression qu'ici, comme en pays arctique, la pesanteur intervient dans la striation. En un point, le matériel d'un sol strié vient, à son extrémité aval, recouvrir un sol polygonal préexistant : il s'est comporté là comme une coulée visqueuse.

Quant au triage et à la disposition des pierres, on serait à première vue tenté de les imputer à la seule fonte des neiges : en effet, les sols polygo-

---

(³) HÖGBOM, *Einige Illustrationen zu der geologischen Wirkungen des Frostes auf Spitzbergen* (*Bull. geol. Inst. Upsala*, 1908-1909).

(⁴) S. TABER, *Frost heaving* (*Journ. of geol.*, **37**, 1929).

(⁵) K. GRIPP, *Beiträge zur Geologie von Spitzbergen. Abh. d. Naturwiss. Vereins zu Hamburg*, **21**, 1927; K. GRIPP, *Glaziologische und geologische Ergebnisse der Hamburgischen Spitzbergen-Expedition*, 1927; *Ibid.*, **22**, 1929; V. ROMANOVSKY, *Application de la théorie convective aux terrains polygonaux* (*Rev. géogr. phys. géol. dyn.*, **12**, 2, p. 315-327, 13 figures, 2 planches, Paris, 1939).

naux et striés sont fréquents au bord aval, humide, des flaques de neige ou de névé en voie de fusion fin juillet (23-7-1947). Mais ils se rencontrent aussi en amont, jusqu'à 5 à 10^m de la crête reliant les pics de Campbieil et d'Estaragne. Et ils cessent au-dessous de 2600^m, où pourtant la fusion nivale se poursuit. Enfin, vers 2800^m, sur une dalle de roche en place, en pente de 15° environ, fortement écaillée par le gel, et d'où toute la neige a fondu, les fragments, formant une couche de 1 à 10^{cm} d'épaisseur, sont posés pêle-mêle et à plat, et non pas sur la tranche ou dressés comme dans les sols structuraux, plus profonds, du voisinage. Ainsi, le triage et la disposition des pierres dans les sols structuraux ne s'expliquent pas par la seule fusion nivale; dans les Pyrénées, comme ailleurs, ils requièrent l'entrée en jeu d'un autre facteur, lié au gel même du sol.

Nous avons aussi observé des sols striés à 2950^m d'altitude, sur la crête qui, partant du pic de Bugaret, se dirige vers le Nord-Ouest. On y accède aisément par la vallée de Luz, la vallée du Barada et le ravin de Carbounouse. Il est probable qu'on trouvera encore d'autres gisements de sols structuraux dans les Pyrénées; on les recherchera au-dessus de 2600^m, au voisinage de pics dépassant 2900 à 3000^m, sur pentes de moins de 30°, de préférence exposées au Nord, là où le sol n'est pas exclusivement rocheux. Le gisement d'Orédon, facilement accessible et situé seulement à 4 ou 5 heures de marche d'un chalet-auberge, fournit dès maintenant, pour l'étude des sols structuraux pyrénéens, un terrain particulièrement propice.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE : SPÉLÉOLOGIE. — *Sur la température des eaux souterraines dans les massifs calcaires. — Cas particulier du réseau hydrologique de la Hennemorte (Haute-Garonne)*. Note (1) de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La variation de la température en terrain compact, au-dessous des couches superficielles qui restent sensibles aux actions extérieures est, en moyenne, de 1° pour 33 mètres (degré géothermique).

Dans les terrains calcaires, profondément fissurés et perméables à l'air et à l'eau, il ne semble pas que cette variation soit aussi grande.

Dans *un souterrain horizontal*, particulièrement s'il comporte une rivière en activité, la température varie peu en fonction de la distance aux orifices. Le cours d'eau, qui représente une masse thermique très importante, impose, à partir d'une certaine distance des orifices, sa température au souterrain. Pour de très longues cavités dont les parois offrent des surfaces considérables en contact avec l'eau, une variation en fonction de la distance peut néanmoins être observée; elle s'explique parfaitement par un apport thermique du calcaire,

(1) Séance du 1er décembre 1947.

suivant un gradient vertical de même origine que celui que l'on observe en terrain compact.

Cependant, les parties les plus profondes *des cavités offrant de grandes dénivellations* présentent, lorsqu'elles sont parcourues par un torrent ou un ruisseau en activité, des différences de température qu'il n'est pas possible d'expliquer par les considérations précédentes. Dans ce cas, en effet, à débit égal des ruisseaux souterrains, la surface d'échange thermique entre l'eau et la roche est, en général, bien plus faible que pour les cavités horizontales.

Réseaux.	Hauteur de chute du torrent souterrain.	Température du réseau supérieur.	Température du réseau inférieur.	Δt expérimental.	Δt calculé (0°,234 par 100m).
Puits Martel [2] / Grotte de la Cigalère (Ariège)	450m	1°,8	3°	1°,2	1°,05
Trou du Glaz [3] (nombreux ruisseaux, débits respectifs inconnus) / Grotte du Guiers mort (Grande Chartreuse)	300m (moy.)	4° (moy.)	4°,5	0°,5 (env.)	0°,70 (env.)
Grotte de Riusec [4] / Lac Bleu (Haute Garonne)	700m	6°	8°	2°	1°,64
Gouffre de la Hennemorte [5] (−250) / Hount deras Hechos (Haute-Garonne)	350m	4°	7°	3°	0°,82

Il semble que l'on doive tenir compte, pour expliquer ce cas, du travail fourni par les chutes ou les ruissellements de l'eau souterraine elle-même.

Si nous admettons (ce qui est vrai au bout d'un certain temps de fonctionnement du système) la transformation totale de ce travail en calories et sa récupération par l'eau sous la forme d'une élévation de température, il est facile de calculer que, *indépendamment du débit des cascades souterraines, une chute de l'eau de 100m provoque une élévation de sa température de* 0°,234.

Comparons maintenant, pour un certain nombre de grands réseaux souterrains (tableau), les différences de température mesurées et celles que l'on peut calculer en tenant compte de la chute de l'eau entre deux points d'altitude connue.

On voit que les trois premiers exemples vérifient de façon très satisfaisante l'hypothèse précédente. Il n'en est pas de même, par contre, pour le réseau Hennemorte-Hount deras Hechos. L'élévation de température mesurée est plus de trois fois plus importante que celle que l'on calcule.

(2) N. Casteret, *Au fond des gouffres*, p. 48 et suiv. Perrin, éditeur, 1936.

(3) P. Chevalier, *Travaux scientifiques du Club Alpin français*, 1, 1939, p. 33 et suiv.

(4) F. Trombe, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 122-124; *Trav. scientifiques du Club Alpin français*, 2, 1943, p. 42 et suiv.

(5) F. Trombe et N. Casteret, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 760.

L'explication de cette anomalie paraît être l'existence, au delà de l'étroiture terminale du gouffre, d'un vaste réseau de cavités, noyé dans sa plus grande partie, qui prête à des échanges thermiques entre de grands volumes d'eau et des parois calcaires très étendues.

Cette hypothèse est confirmée par la variation du pH des eaux qui s'abaisse de 7,2 à 6,5 et par la dilution extrême que manifeste le colorant (fluorescéine) à la résurgence.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE, LIMNOLOGIE. — *Sur la physico-chimie des eaux du lac Léman pendant l'été.* Note de M. **Bernard Dussart**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Les matières dissoutes dans les eaux d'un lac comme le Léman ont trois origines principales :

1° *L'eau des affluents*, qui renouvelle sans cesse la provision de substances minérales nécessaires aux êtres vivants aquatiques;

2° Le peuplement bactérien des *sédiments du fond* du lac, dont les éléments organiques sont plus ou moins minéralisés par les bactéries;

3° Enfin, *l'eau du lac* elle-même, au sein de laquelle une partie des électrolytes participent à des réactions complexes où entrent en jeu les effets du milieu aérien et les produits de la physiologie des organismes vivants.

Seule la première de ces sources de substances dissoutes, sans doute la plus importante quantitativement dans le Léman, est ici considérée. On peut *l'aborder* par l'étude de la conductibilité électrique.

J'ai pu effectuer, jusqu'ici, 357 mesures de conductibilité en 59 stations différentes réparties dans le lac et les principaux affluents de sa rive méridionale : Rhône, Dranse, Foron. Des cartes de répartition ont ainsi pu être dressées ([1]). Elles mettent en évidence une baisse notable de la teneur en sels dissous entre 5 et 20^{m} de profondeur, en particulier suivant un axe longitudinal Est-Ouest dans la partie orientale du lac.

	$\varkappa_{18}$
A. Lac influencé par le Rhône	210.10^{-6}
B. Lac non soumis à l'action du Rhône	240.10^{-6}
C. Rhône à son embouchure	130.10^{-6}

Ces faibles valeurs de A donnent une idée de la direction prise par les eaux du Rhône pour s'épancher dans le Léman. Il s'opère évidemment un mélange des eaux du fleuve avec celles du lac, mais ce mélange n'est que partiel, ce qui permet de suivre assez bien le chemin préférentiel des eaux fluviales dans le Léman.

La répartition verticale des eaux du Rhône ne dépend que de deux facteurs :

([1]) B. Dussart, *Ann. Stat. Centr. d'Hydrobiologie appliquée*, **2**, 1947 (sous presse).

leur température et leur teneur en substances dissoutes, les matières en suspension n'ayant d'influence que près du fond ([2]) où leur dépôt peut être retardé par des phénomènes de turbulence ([3]). Les effets de ces deux facteurs s'opposant en été (basse température et faible teneur en électrolytes), les eaux du Rhône tendent vers une position d'équilibre, et s'étalent vers 10-15^{m} de profondeur, formant un courant principal vers l'Ouest, parallèle à la côte française, à 2^{km},5 au large de celle-ci, tandis qu'un bras secondaire, se dirigeant vers le Nord-Ouest, va longer la côte Suisse de Cully à Morges. Un troisième bras donne naissance à un vaste mouvement cyclonique intéressant toute l'extrémité orientale du lac. Plus à l'Ouest, alors que les eaux mélangées du Rhône se sont largement étalées dans toute la partie centrale du lac, la Dranse donne une physionomie particulière à la partie occidentale du Grand Lac; ses eaux, à l'inverse de celles du Rhône, sont riches en électrolytes ($\chi_{18} = 500.10^{-6}$), mais étant à l'étiage, elles n'occasionnent que des perturbations d'une importance toute relative.

Ces données permettent déjà de préciser la répartition des eaux fluviales dans le Léman en été, en montrant avec quelle lenteur les couches d'eau se mélangent quand les seuls phénomènes de diffusion sont en cause.

Il reste à étudier dans le temps et dans l'espace le cycle des différentes substances dissoutes qui jouent un rôle biologique, et par là, influencent la productivité : O_2, CO_2, chlorures, sulfates, fer, calcium, et surtout phosphates, nitrates et matières organiques ([4]). Ce programme dépasse encore les moyens actuels d'un laboratoire dont l'activité est à ses débuts.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Sur les émissions radioélectriques solaires.* Note ([1]) de M. **Jean F. Denisse**, présentée par M. Jean Cabannes.

On peut montrer ([2]) que les couches basses de la couronne, quand elles sont soumises au champ magnétique d'une tache solaire, deviennent opaques pour les ondes radioélectriques de fréquence voisine de la fréquence gyromagnétique des électrons $\nu = eH/2\pi mc$. Par exemple, à l'altitude $z = 150000^{km}$, au-dessus d'une tache solaire où la densité électronique N est voisine de 5.10^{7} électrons par centimètre cube ([3]), on trouve qu'une épaisseur z_0 inférieure à 1^{cm}

([2]) W. Nuemann, *Die Verbreitung des Rheinwassers im Bodensee* (*Int. Rev. Ges. Hydr.*, **36**, 1938, p. 501-530).

([3]) C. H. Mortimer, *The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes* (*Journ. of Ecology*, **29**, n° **2**, 1941, p. 280-329 et **30**, n° **1**, 1942, p. 147-201).

([4]) H. W. Harvey, *Recent advances in the chemistry and biology of sea water*, Cambridge, 1945.

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

([2]) Denisse, *Annales d'Astrophysique*, **10**, 1947, p. 1.

([3]) Baumbach, *A. N.*, **263**, 1937, p. 121.

est complètement opaque au rayonnement de fréquence $\nu = 60$ mégacycles correspondant à un champ H de 20 gauss. Un tel milieu est le siège d'un rayonnement de fréquence ν de même intensité que celui du corps noir à la température T définie à partir de l'énergie cinétique moyenne W des électrons par la relation $W = 3/2\,kT$ (du moins tant que la masse des électrons n'est pas sensiblement modifiée par la vitesse).

L'émergence de ce rayonnement hors du milieu où il est produit nécessite un gradient important du champ magnétique H qui déplace la fréquence de la bande d'absorption avec l'altitude et permet aux ondes de se propager dans des conditions favorables dans les couches supérieures. On a montré que de telles conditions ne peuvent se produire que si la conductibilité du milieu où se propage la variation du champ magnétique est grande dans une direction perpendiculaire au champ variable. Or la conductibilité d'un milieu ionisé est très faible dans une direction normale à un champ magnétique même peu important; mais s'il se trouve qu'au champ magnétique variable H se superpose un champ magnétique fixe H_1 d'intensité comparable et de direction différente, alors les conditions indiquées précédemment pourront être remplies ([4]).

Considérons, pour fixer les idées, une tache importante ayant $30\,000^{km}$ de rayon, soit $H_0 = 3600$ gauss le champ au centre au voisinage de la surface du Soleil. Utilisant les données de Chapman ([5]), on trouve qu'à $150\,000^{km}$ d'altitude, le champ de la tache aura une valeur voisine de 20 gauss. Il se superposera à ce champ H, le champ H_1, champ solaire global dont l'existence a été reconnue par Hale ([6]) et précisée récemment par Thiessen ([7]) : si l'on admet pour ce champ une valeur moyenne de 35 gauss à la surface du Soleil, on peut estimer sa valeur à 20 gauss environ ([5]) à l'altitude de $150\,000^{km}$. Il peut exister des domaines dépendant de la polarité de la tache et de l'hémisphère considéré où H et H_1 sont opposés, créant les conditions favorables à l'émission des ondes électromagnétiques. Dans les cas où H et H_1 ne sont pas opposés, leur résultante $\vec{h} = \vec{H} + \vec{H}_1$ peut avoir une direction très différente de H et conduire aussi à une grande conductibilité ([4]).

On veut faire remarquer ici que les conditions qui viennent d'être précisées sont aussi favorables à une augmentation considérable de la température cinétique des électrons.

La variation $\overrightarrow{\Delta H}$ du champ de la tache crée, en effet, un champ électrique induit E, perpendiculaire à $\overrightarrow{\Delta H}$ et susceptible d'accélérer les électrons entre

---

([4]) GIOVANELLI, *Nature*, **158**, 1946, p. 81.
([5]) *M. N. R. A. S.*, **103**, 1947, p. 117.
([6]) *Nature*, **36**, 1935, p. 703.
([7]) *Ann. de Astro. Phys.*, **21**, 1946, p. 181.

deux chocs. L'effet de la composante de E perpendiculaire à $\vec{h}$ est négligeable par suite de l'enroulement des électrons autour du champ $\vec{h}$ résultant. La composante de E, dans le sens de $\vec{h}$, effectue, au contraire, sur les électrons un travail important qui peut augmenter considérablement la vitesse moyenne de ceux-ci en certains points.

On peut obtenir un ordre de grandeur de E en considérant la force électromotrice e induite par la variation de flux dans une surface comparable à celle d'une tache de rayon de $R = 10^9$ cm.

On a

$$e = 2\pi R E = 10^{-8}\frac{\Delta H}{\Delta t}\pi R^2 \quad \text{ou} \quad E = \frac{10}{2}\frac{\Delta H}{\Delta t}.$$

Supposons que la tache prise comme exemple ait mis 90 heures pour atteindre les dimensions indiquées, on aura

$$\frac{\Delta H}{\Delta t} = 6.10^{-5} \quad \text{et} \quad E = 3.10^{-4}\ \text{volt/cm}.$$

Il ne semble pas impossible d'autre part ([8]) ([9]) d'envisager, pendant des durées de l'ordre de la seconde, des variations brusques du champ magnétique d'une tache, voisines de un centième de sa valeur. On aura alors $\Delta H/\Delta t = 0,2$ pour $H = 20$ gauss et $E = 1$ volt/cm.

A l'altitude envisagée le libre parcours moyen des électrons est de l'ordre de 160^{km}. Entre deux chocs, les électrons sont donc susceptibles d'acquérir des énergies de 5000 eV dans le premier cas et de 16 millions d'eV dans l'autre, beaucoup plus élevées que les quelques dizaines d'électrons-volts qui correspondent à l'énergie moyenne des électrons estimée dans la basse couronne.

L'existence de ces points chauds permettrait peut-être d'interpréter les émissions radioélectriques très intenses et très irrégulières effectivement observées ([10]), ([11]).

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Anatomie des genres* Aromadendron, Elmerillia, Alcimandra, Pachylarnax *et* Kmeria. Note de M. **Paul Ozenda**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La plupart des auteurs, à la suite de Bentham et Hooker, ont distingué dans les Magnoliacées (à l'exclusion des deux tribus des Schizandrées et des Wintérées, familles distinctes) cinq genres : *Magnolia*, *Talauma*, *Manglieta*, *Michelia* et *Liriodendron*. Cinq autres genres ont été ajoutés depuis : le premier,

---

([8]) Menzel, Conférence de Lyon, sept. 1947.

([9]) Kiepenheuer, Publications de l'Institut Fraunhofer, 1946.

([10]) Appleton et Hey, *Phil. Mag.*, **37**, 1946, p. 73.

([11]) Pawsey, Payne-Scott et Mac Ready, *Proc. Roy. Soc.*, **190**, 1947, p. 357.

Aromadendron, est une ancienne section de *Talauma*, les quatre autres ont été créés par Dandy ([1]). *Kmeria* (espèce unique : *K. Duperreana*) est la seule Magnoliacée connue qui ait des fleurs diclines. Les connaissances actuelles sur l'anatomie interne et l'histologie de ces genres se réduisent à quelques lignes consacrées par Mac Laughlin ([2]) à la structure du bois d'*Aromadendron* et d'*Elmerillia*. Nos observations ont porté sur des échantillons de l'herbier général du Muséum, vus par Dandy, mais incomplets et en particulier pauvres en fleurs.

Anatomie de la tige. — Dans les cinq genres se retrouvent les caractères généraux des Magnoliacées. Le bois forme un anneau complet où les faisceaux ne sont individualisés que vers leur pointe; les rayons médullaires sont nombreux et unisériés. Les vaisseaux sont de faible diamètre, nombreux et disséminés dans le bois; leurs cloisons terminales sont très obliques, et présentent le type scalariforme avec un nombre de perforations compris entre 15 et 25. Les anneaux d'accroissement annuel sont peu visibles chez *Kmeria* et font défaut ailleurs. Le liber forme des faisceaux isolés, séparés par de larges rayons coiffés d'une calotte de fibres (dites *péricycle discontinu*); chez *Kmeria* et *Elmerillia* il contient également des strates fibreuses, comme d'ailleurs chez diverses espèces de *Talauma*, *Manglieta* et *Michelia* et aussi chez toutes les Anonacées. Tout autour des amas scléreux péricycliques, l'écorce interne forme un anneau sclérifié continu, de trois à quatre assises, à cellules isodiamétriques et à plus grand diamètre que les fibres. Le liège se forme dans l'écorce externe; l'écorce moyenne contient en grand nombre, comme la moelle, les cellules à huile caractéristiques de la famille. Enfin la moelle présente des diaphragmes scléreux, également caractéristiques, et se lignifie totalement dans les tiges âgées.

Anatomie de la feuille. — Elle répond dans sa morphologie externe au type général de la famille : elle est entière, lancéolée et pourvue de deux stipules. Le pétiole comprend, comme chez *Magnolia*, un arc dorsal de gros vaisseaux (de 7 à 9), alternant avec d'autres plus petits, et une ligne fasciculaire ventrale, assez variable, complétant l'anneau. Cette disposition se maintient dans ses grandes lignes le long de la nervure médiane. La moelle et l'écorce contiennent aussi des cellules à huile, mais ne présentent qu'une sclérification faible ou nulle. A la face inférieure de la nervure médiane de *Pachylarnax*, l'épiderme est remplacé par quelques assises de liège. Le limbe est variable : la face supérieure présente, sous un épiderme à cuticule épaisse, un hypoderme formé d'une assise collenchymateuse (deux dans la partie centrale du limbe de *Kmeria*) comme chez certains *Magnolia* et *Talauma*. Le mésophylle est bifacial; le tissu palissadique est surtout net chez *Pachylarnax*. Le raccord du pétiole à la tige est peu variable d'un genre à l'autre et se rattache au type général précédemment

---

([1]) *Kew Bulletin*, 1927, p. 310.
([2]) *Tropical Woods*, 1933, p. 3.

décrit ([3]); le nombre de faisceaux nodaux (non compris le faisceau stipulaire) est de 9 chez *Kmeria* et *Elmerillia* et de 7 dans les autres genres. Leur sortie ne crée pas à proprement parler des *lacunes* dans l'anneau stélique, mais des *rayons foliaires* comblés par du parenchyme ligneux.

Anatomie de la fleur. — Faute de matériel, l'étude a été limitée au pédoncule et au réceptacle fructifère de *Pachylarnax* et de *Kmeria*. Dans ce dernier genre, le pédoncule présente, outre un anneau de faisceaux individualisés mais jointifs, à liber non stratifié mais coiffé des calottes scléreuses habituelles, des faisceaux corticaux concentriques, au nombre de 9, comme les pièces périanthaires qu'ils desservent suivant un plan compliqué et irrégulier. Les carpelles, peu nombreux (5 à 6), sont insérés immédiatement au-dessus, sans aucun espace libre. La fleur mâle contient un réceptacle staminal ovoïde, sans vestige de gynécée. La structure du pédoncule et du réceptacle de *Pachylarnax* est analogue, mais les faisceaux corticaux sont plus nombreux; les carpelles, au nombre de 3 seulement, sont soudés à maturité en une masse ligneuse piriforme.

Par leur anatomie interne, les 5 genres étudiés ici sont donc pratiquement indiscernables des autres Magnoliacées. *Kmeria*, *Elmerillia* et *Aromadendron* ne sont séparés des *Talauma*, dans lesquels on les avait d'abord placés, que par des caractères de morphologie florale; nous avons aussi montré ([4]) que le fruit des *Elmerillia* est beaucoup plus semblable à celui des *Magnolia* asiatiques et des *Michelia* qu'à celui des *Talauma*. *Alcimandra*, autrefois décrit comme un *Michelia*, en a la structure nodale et le fruit. La position de *Pachylarnax*, décrit et nommé pour la première fois par Dandy, est moins nette; son type nodal le rapproche toutefois des *Michelia*. L'étude résumée ici complète les observations faites précédemment sur les autres Magnoliacées, et l'unité de cette famille en est encore renforcée; en revanche ces 5 nouveaux genres n'apportent pas de précisions supplémentaires sur les rapports des Magnoliacées avec les autres groupes primitifs d'Angiospermes, car ils ne semblent pas renfermer de types de passage vers ces autres groupes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le photopériodisme chez quelques Fraisiers.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Depuis plus de trois années consécutives, je soumets une centaine d'espèces de plantes vivaces à des cycles photopériodiques ininterrompus ([1]). Chez ces plantes, une telle prolongation des expériences fait ressortir, entre autres résultats : 1° le comportement de la croissance végétative qui manifeste une adapta-

---

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1521.

([4]) *Dipl. ét. sup.*, Paris, 1942 (polycopie).

([1]) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **93**, 1946, p. 373; et 12 déc. 1947. *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1174; *Ibid.*, **224**, 1947, p. 1523.

tion à ces nouvelles conditions; 2° la diversité des comportements de la floraison; 3° la révélation de races physiologiques qui passent inaperçues dans les conditions normales. Les Fraisiers nous donnent un exemple de ce triple résultat et de la complexité des réactions au photopériodisme chez les plantes vivaces.

1° *Croissance végétative.* — J'ai déjà signalé ([2]) que le port des Fraisiers est profondément modifié par le traitement photopériodique : en jours courts, les pétioles sont courts, souvent étalés, les hampes courtes, incluses dans le feuillage; en jours longs, les pétioles sont dressés, très longs, les hampes encore plus longues. Ces remarques restent vraies pour les autres variétés que j'étudie maintenant.

Mais la poussée des stolons révèle le rôle puissant et conjoint du froid et de la durée d'éclairement sur les causes d'allongement. Chez les variétés stolonifères, tant à petits qu'à gros fruits, le transfert sous jours courts de 8 heures, au printemps, de plantes à stolons poussants entraîne l'arrêt total ou presque total de l'allongement des stolons et de l'émission de nouveaux stolons. Mais après plusieurs mois et souvent un an de traitement sous jours courts, la réaction est différente : des stolons repoussent, ils ne sont jamais très longs (20 à 40^{cm}), mais leur allongement est d'autant plus accentué que les plantes sortent d'une période de froid. Au contraire, en jours longs ou continus, l'émission des stolons est renouvelée indéfiniment et leur allongement s'étend sans limite, souvent à plus de 2^{m}; le froid hivernal suspend leur activité, mais n'ajoute rien à leur longueur ou à leur fréquence, au printemps suivant, par rapport aux plantes restées en serre.

D'une manière générale, les jours longs stimulent au plus haut degré la production des facteurs d'élongation; les feuilles ayant grandi en jours longs sont presque inaptes à élaborer ces facteurs lorsqu'on les transfère en jours courts; elles en sont modérément capables si elles se sont développées en jours courts, montrant ainsi une indiscutable adaptation au photopériodisme. Le froid du *repos hivernal* est toujours un agent stimulant à l'élaboration des matériaux prêts à apparaître sous forme de facteurs de croissance. Les Fraisiers nous donnent, par leurs stolons et leurs feuilles, un exemple de telles règles.

2° *Floraison.* — Deux variétés *remontantes* : *Record* (Fraisier hybride à gros fruits) et *Reine des Vallées* (F. à petits fruits, *Fragaria vesca*, sans stolons) sont du type eurypériodique (pratiquement *indifférentes*) : Les floraisons se succèdent tous les 2 à 4 mois, aussi bien en jours courts (8 heures d'éclairement) qu'en jours longs (16 heures) ou continus (éclairage de nuit par 75 lux), ininterrompues en serre, interrompues par le froid de l'hiver en plein air.

Par contre, chez *Muscade* (F. à gros fruits non remontant, hybride de F. *Capron*) la floraison est plutôt du type nyctopériodique à héméropériode

---

([2]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 507.

critique élevée, avec intervention, en jours longs surtout, du cycle thermopériodique annuel ; en plein air, floraison incertaine en jours continus, floraison printanière en jours longs, floraison renouvelée en jours courts; en serre, floraison renouvelée environ deux à trois fois par an en jours courts, mais presque suspendue en jours continus.

Chez le Fraisier *des bois* (*F. vesca*), prélevé à l'état sauvage, la floraison est un peu analogue, mais plus diversifiée : en jours courts, en plein air, floraison assez générale en avril, renouvelée chez quelques individus en septembre-octobre; en serre, floraison renouvelée deux fois par an dans la majorité des cas. En jours longs, en plein air, floraison générale au printemps et refloraison automnale de quelques individus. En jours continus, en plein air, floraison vernale assez générale; en serre, floraison suspendue chez quelques individus, se produisant à des intervalles divers (9 mois, 1 an ou plus) chez d'autres.

3° *Race physiologiques.* — Les faits exposés ci-dessus montrent que les Fraisiers remontants et non remontants constituent deux types extrêmes de réponses au photopériodisme chez les Fraisers. Mais le comportement des Fraisiers *des bois* sauvages, qui, dans la nature, ne fleurissent qu'une fois au printemps, révèle ici que les populations sauvages sont, en réalité, de composition complexe quant à leurs réactions vis-à-vis du photo- et du thermopériodisme : chaque individu doit être noté séparément; certains révèlent, en jours courts et surtout en jours longs ou continus, et mieux en serre, une aptitude à la refloraison qui les rapproche des Fraisiers remontants. Or, on sait que les types remontants ont été sélectionnés comme des mutations observées accidentellement dans la nature ou en culture. Le trouble profond apporté par le traitement prolongé sous des conditions photopériodiques définies, fait apparaître ici l'existence de types physiologiques situés comme des maillons entre l'état monochrone (non remontants) et l'état polychrone (remontants). Le photopériodisme prolongé est ainsi un moyen d'analyser l'homogénéité génétique du point de vue physiologique d'une population. Il en résulte aussi, quand on veut étudier le photopériodisme, la nécessité de préciser rigoureusement le type variétal et même clonal du matériel employé.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude cytologique des cultures de Chicorée, après les opérations de prélèvement.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons décrit déjà [1] les transformations réversibles de grande ampleur qui atteignent les chondriosomes et les plastes des cellules de la racine de Chicorée lors du prélèvement des explants. Après ces perturbations, les

[1] *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 970 et 1187.

diverses cellules de l'explant qui ne se nécrosent pas subissent une évolution continue, puis certaines catégories conservent, à la suite des repiquages successifs, une structure stabilisée. Il y a lieu de distinguer deux ensembles de catégories de cellules.

1° Les cellules de l'explant *qui ne prolifèrent pas*. A l'obscurité elles présentent quelque temps une structure analogue à celle des cellules correspondantes du tubercule intact. Puis le chondriome, constitué par des mitochondries et des bâtonnets en majorité, s'appauvrit en petits éléments et s'enrichit en longs chrondriocontes, d'aspect hétérogène. Ils paraissent constitués par l'association, bout à bout, de chondriosomes courts. Ces cellules dégénèrent au bout de quelques repiquages, comme d'ailleurs l'ensemble des cultures maintenues à l'obscurité.

A la lumière, les cellules qui ne prolifèrent pas subissent un surcroît de différenciation : les plastes grandissent et deviennent faiblement chlorophylliens, surtout dans les cellules les plus jeunes des parenchymes vasculaire et libérien. Par la suite, cette différenciation mène à un état de sénilité, de dégénérescence. Le noyau devient pycnotique et les chondriosomes sont de plus en plus longs.

2° Les cellules de l'explant *qui prolifèrent* fournissent soit des tissus vasculaires et libériens provenant des zones génératrices néoformées, soit des bourgeons issus de méristèmes primaires néoformés. (Les racines résultent de méristèmes préexistants dans l'explant.) Ces cellules, au contraire de leurs voisines qui ne se divisent pas, se dédifférencient, soit jusqu'au stade méristématique secondaire (1re phase, menant aux zones génératrices), soit jusqu'au stade méristématique primaire (2e phase, menant aux points végétatifs des bourgeons).

a. Les cellules des zones génératrices ont la même structure cytologique que celles du tubercule intact, *que les cultures aient été exposées à la lumière ou maintenues à l'obscurité*. Toutefois, dans les régions où cette zone devient peu active, les chondriosomes sont plus longs. Les cellules qui dérivent de ces zones génératrices se différencient d'une manière analogue à celles qui dérivent du cambium normal, mais leur agencement est plus ou moins anarchique. Dans les premiers temps de la culture, les cellules parenchymateuses externes forment de gros plastes légèrement chlorophylliens à la lumière. Dans les cellules internes, les plastes se différencient très peu. Par la suite, la différenciation des tissus néoformés se réduit; les cultures anciennes sont incolores, sauf les cellules les plus externes, qui peuvent même élaborer de faibles quantités d'amidon, tardivement.

b. Les cellules des points végétatifs ont la structure habituelle des cellules méristématiques primaires. Elles édifient des ébauches foliaires où se produit une *nouvelle différenciation*. Des plastes se développent dans l'épiderme comme dans les tissus internes, et *tant à l'obscurité qu'à la lumière*. Ils ne forment de chlorophylle que dans le second cas, mais il suffit d'exposer quelques heures à

la lumière des cultures développées à l'obscurité pour obtenir le verdissement des bourgeons.

Tableau I.

Résumé de l'évolution cytologique des cultures de tissus de Chicorée.

	Prolifération active.	Prolifération nulle ou ralentie.
Tissus néoformés *secondaires* et Tissus anciens éloignés des points végétatifs	Chondriosomes courts Dédifférenciation durable des plastes Pas d'amidon	Chondriosomes longs hétérogènes Différenciation des plastes mais : Pas d'amidon, sauf dans les cultures anciennes.
Tissus néoformés *primaires* et Tissus anciens soumis à leur influence	Chondriosomes très courts Dédifférenciation puis différenciation nouvelle De l'amidon	Chondriosomes courts Changement de différenciation sans régression préalable De l'amidon.

De même que dans le tubercule intact, les diverses cellules de l'explant, avant le premier repiquage, anciennes ou néoformées secondaires, ne présentent jamais d'amidon, à une exception près. Dans certaines cellules, situées au voisinage de la base de jeunes bourgeons, cellules qui ne dérivent pas du point végétatif, mais sont des éléments à peine remaniés de l'ancien tubercule, les plastes élaborent de l'amidon, et ceci *aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière*. L'action inductrice du jeune méristème, étudiée par M. Camus, se manifeste donc au point de vue cytologique en modifiant le produit de réserve, habituellement l'inuline, élaboré par ce type de cellules. Elle *oppose* nettement les *tissus secondaires* aux *tissus primaires*, ou soumis à l'influence des points végétatifs.

Ces recherches montrent deux genres d'antagonismes (tableau I) : l'un déjà étudié dans les cultures de tissus animaux, entre la *prolifération* et la *différenciation*, l'autre qui semble avoir été peu remarqué jusqu'ici, entre la longueur des chondriocontes et l'activité physiologique ou prolifératrice des cellules. Nous constatons en effet, d'une manière tout à fait générale, que lorsque des cellules évoluent vers la dégénérescence, elles présentent des chondriosomes de plus en plus longs, de moins en moins nombreux. Ces longs chondriocontes sont hétérogènes et paraissent constitués par l'assemblage, en files, de mitochondries et de bâtonnets qui restent isolés et dispersés dans les cellules actives. De plus, au voisinage des méristèmes primaires néoformés, des cellules, dont la structure ne s'est pas sensiblement modifiée depuis le prélèvement, acquièrent la propriété d'élaborer de l'amidon, alors que les parenchymes secondaires néoformés n'en présentent jamais dans les cultures jeunes.

MYCOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur la sexualité des Calocérales.* Note de M. **Yen Hsun Chu**, présentée par M. Joseph Magrou.

L'étude culturale et sexuelle de ce groupe, longtemps délaissée, a été abordée par Vandendries en 1936-1937 sur une seule espèce. Nous nous permettons de citer les passages essentiels du travail qui lui est en partie consacré (¹) :

« *Calocera cornea* Batsch. La spore binucléée se partage à maturité, par une cloison transversale, en deux cellules uninucléées qui germent et donnent, chacune, d'abord un symplaste, à multiples noyaux qui se divisent sans être ordonnés en couples. Plus tard des cloisons séparent des cellules uninucléées. Dans les cultures plus âgées, on observe du mycélium à dicaryons, sans anses d'anastomose. L'espèce est donc homothalle... ». Puis, ayant vu que les thalles des cultures monoconidiennes restent indéfiniment uninucléées et que si l'on procède à des confrontations de ces cultures, on obtient, dans certains cas, des thalles diploïdes à dicaryons, Vandendries conclut que, pour constituer le diplonte, il faut une conjugaison préalable entre hyphes des deux haplontes issus de la germination de la spore.

Au cours de nos excursions mycologiques de 1945 à 1947, M. le professeur Kühner, qui avait déterminé la récolte de Vandendries, nous a fait cueillir plusieurs espèces de Calocérales dont six souches de *Calocera cornea*. Après deux ans de recherches, nous sommes surpris de constater que les résultats que nous avons obtenus s'écartent de ceux de Vandendries sur plusieurs points fondamentaux. D'abord, la spore de *Calocera cornea*, comme celle de toutes les autres Calocérales que nous avons étudiées, est bien uninucléée au moment de sa chute. Ce n'est qu'au début de la germination que le noyau se divise en deux; d'ailleurs une cloison ne tarde pas à séparer les deux parties pour former deux cellules uninucléées. Ensuite, les germes qu'émet la spore sont uninucléées dès leur naissance. Nous n'avons jamais vu de symplastes ni chez les autres *Calocera cornea*, ni chez les autres Calocérales. Enfin cette espèce n'est pas homothalle. Non seulement les dicaryons n'existent pas dans nos cultures monospermes, mais encore, masqués par les hyphes conidiennes uninucléés, ils sont très rares dans nos cultures polyspermes. Sans anses d'anastomose et montrant peu de dicaryons en culture, cette espèce s'avérait quelque peu rebelle à l'étude de la sexualité. Heureusement, les repiquages sur sciure de bois (hêtre et sapin mélangés) de mycélium d'origine polysperme ont abouti à la production de fructifications

Nous avons alors effectué, sur le même milieu, les confrontations de dix cultures monospermes et les repiquages de quatorze cultures monospermes de la même souche. Un mois et demi plus tard, des carpophores apparaissent

(¹) *Nouveaux aperçus sur la sexualité des Basidiomycètes* (*Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1084).

successivement dans certaines confrontations; mais il n'y en a aucun dans les cultures monospermes-témoins. Ayant ordonné les croisements qui ont fructifié, nous avons obtenu un tableau de tétrapolarité typique. *Calocera cornea* est donc *hétérothalle tétrapolaire*. Les carpophores de *C. cornea* produits sur notre milieu artificiel ressemblent au début à ceux qu'on trouve dans la nature. Examinés au microscope, ils présentent cependant peu de basides et de spores, mais beaucoup de conidies. De plus, si l'humidité ne manque pas, ils continuent à croître et finissent par devenir tortueux et même parfois ramifiés à leur extrémité.

L'étude sexuelle des autres Calocérales est souvent plus délicate : devant *Calocera viscosa* et *Guepiniopsis merulinus*, dont les cultures polyspermes ne montrent ni anses d'anastomose, ni dicaryons et que nous n'avons pas su faire fructifier, nous sommes provisoirement désarmés. Mais nous avons obtenu des résultats concordants pour deux autres espèces.

Dacryomyces deliquescens. — Les souches recueillies sur bois de Sapin se distinguent de celles du bois de feuillus par leurs cultures polyspermes possédant des dicaryons bien nets et produisant des arthrospores qui germent et donnent des hyphes diploïdes; alors que les cultures monospermes n'ont que des articles à un noyau. Cette espèce est donc *hétérothalle*. Il est possible que des souches poussant sur bois différents appartiennent à des espèces différentes.

Femsjonia luteo-alba. — Seules les cultures polyspermes présentent, par endroits, des anses d'anastomose se trouvant vers les extrémités d'hyphes dont l'article terminal est plus ou moins renflé en massue. Cette espèce est donc également *hétérothalle*.

Toutes ces espèces de Calocérales présentent plusieurs caractères communs : *spores uninucléées* se cloisonnant, avant de germer, en deux ou plusieurs cellules uninucléées qui gardent leur noyau après avoir émis des *germes aux articles courts et uninucléés*. Haplontes et diplontes produisent tous de nombreuses conidies uninucléées qui germent très facilement. Malgré leurs basides bisporiques, *trois de ces espèces se sont montrées hétérothalles*, la bisporie n'entraîne donc pas l'homothallie chez les Calocérales que nous avons étudiées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur certains caractères biochimiques de feuilles de quelques espèces de* Nicotiana. Note de M. **Jean Dussy**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le genre *Nicotania* comprend de nombreuses formes de plantes qui sont réparties en 4 sections : *tabacum*, *rustica*, *pétunioïdes* et *polydiclia*. L'École italienne de Comes [1], à Anastasia, admet qu'il n'existe qu'un très petit nombre

[1] *Histoire, Géographie, Statistique du Tabac, Monographie du genre Nicotiana*, Ministère des Finances d'Italie, Rome, 1900.

d'espèces pures et que la plupart des types considérés comme espèces sont des hybrides *rustica pétunioïdes*.

Classiquement, on admet que toutes les plantes du genre produisent de la nicotine. Nous avons cherché s'il n'existait pas d'autres communautés des caractères biochimiques les reliant entre elles.

Nos essais ont porté d'une part sur quelques formes à caractère spécifique nettement distinct : Section des *rustica : N. glauca, N. rustica* var. *Souffi* et var. *Texana*; Section des *tabacum : N. tabacum* var. *Paraguay* et var. *purpurea*; Section des *pétunioïdes : N. alata* et *N. alata* var. *affinis*; d'autre part sur quelques formes de caractère hybride : *N. paniculata*, qui se rapproche des *rustica* par son système végétatif et son système floral; *N. Langsdorfii*, qui se rapproche des *rustica* par son système végétatif et des *pétunioïdes* par son système floral; *N. plumbaginifolia*, qui se rapproche des *pétunioïdes* par son système végétatif et son système floral.

Ces plantes provenaient du Centre National de Recherches agronomiques de Versailles et avaient été récoltées au début de la défloraison.

Nous avons d'abord dosé la nicotine dans les feuilles fraîches de ces plantes par la méthode de MM. G. Bertrand et Javillier. Les résultats ont été les suivants (en grammes % de plantes fraîches) :

N. tabacum var. *Paraguay*....	0,31	*N. paniculata*.............	0,02
» » *purpurea*....	0,29	*N. Langsdorfii*............	0,04
N. glauca....................	0,12	*N. plumbaginifolia*........	Traces (moins de 1^{cg})
N. rustica var. *Souffi*.........	0,99	*N. alata*...................	»
» » *Texana*.......	0,75	» var. *affinis*........	»

L'étude des glucides a été faite sur des extraits de plantes fraîches, préparés suivant la technique décrite par J. Rabaté ([2]), à partir desquels nous avons effectué des essais biochimiques et extrait des hétérosides. Les essais biochimiques ont été effectués suivant le protocole décrit par Bourquelot en utilisant successivement l'invertine, l'émulsine et la rhamnodiastase. Les indices enzymolytiques obtenus par action des deux premiers ferments, ne permettent pas de préjuger de la nature de l'oside dédoublé. Par contre, la rhamnodiastase a libéré dans les extraits de *N. glauca, N. rustica* var. *Souffi* et var. *Texana, N. tabacum* var. *Paraguay* et var. *purpurea, N. paniculata*, un sucre réducteur peu actif sur la lumière polarisée, hydrolysable lui-même par l'émulsine, faits qui permettent de présager la présence de rutoside ([3]).

([2]) *Contribution à l'étude biochimique des Salicacés*, p. 17-20; *Thèse Doctorat ès sciences*, Paris, 1934.

([3]) CHARAUX, *Bull. Soc. Chimie biol.*, 6, 1924, p. 631.

Cet hétéroside qui par ailleurs avait été isolé de *N. glauca* par Charaux et de *N. tabacum* par Yamafuji et Hasegawa ([1]), a cristallisé spontanément dans les extraits de *N. glauca, N. rustica* et après concentration des solutions au cinquième et amorçage avec des traces de rutoside, dans les extraits de *N. tabacum* et *N. paniculata*.

L'identification des produits obtenus avec le rutoside a été établie d'après l'identité des points de fusion des hétérosides et de leur mélange : 208° au bloc Maquenne; des pouvoirs rotatoires : $[\alpha]_D^{20} = -35°$, en solution alcoolique à 50°, $C = 0,25\%$; des produits d'hydrolyse : quercétol, glucose, rhamnose.

Les rendements en rutosides ont été : (en grammes par kilogramme de feuilles fraiches) :

N. glauca..................	0,500	*N. tabacum variation Paraguay*.	0,180
N. rustica variation Souffi..	0,450	» » *purpurea*..	0,250
» » *Texana*.	0,420	*N. paniculata*..................	0,160

Les autres variétés ne semblent pas contenir cet hétéroside.

La concentration des solutions a amené dans les extraits de *N. alata* l'apparition de cristaux d'un hétéroside différent du rutoside.

Il s'agit de cristaux blancs verdâtres, qui, recristallisés dans l'eau, puis dans l'acétate d'éthyle, fondent instantanément vers 215°. Solubles dans l'alcool, leur solution est lévogyre : $[\alpha]_D^{20} = -90°$. Par hydrolyse ils fournissent du rhamnose et une aglucone blanc jaunâtre, amorphe, qui n'a pas été identifiée.

L'analyse élémentaire de l'oside par la microméthode de Pregl a donné :

Trouvé : C 57,18 et 57,07 %, H 7,84 et 7,75 %; calculé pour $C_{24}H_{40}O_{11}$: C 57,14 % et H 7,93 %. Cet hétéroside a été également trouvé chez *N. alata* var. *affinis*.

Conclusions. — Nous avons montré : 1° L'existence de rutoside dans des types de *Nicotiana* où cet hétéroside n'avait pas encore été décrit. Mais alors qu'on retrouve la nicotine, à des taux différents, dans toutes les plantes étudiées, le rutoside semble n'être présent que dans quelques types seulement. Les taux élevés de cet hétéroside chez les *rustica*, son absence chez les *pétunioïdes* typiques ou les plantes qui s'en rapprochent, sa présence à taux moyens chez les types se rapprochant du *N. rustica*, de même que chez les *tabacum*, tendent à confirmer l'hypothèse de l'École italienne sur l'origine hybride de ces dernières formes.

2° Chez *N. alata* et sa variété *affinis*, l'existence d'un hétéroside non encore décrit dont nous poursuivons actuellement l'étude.

([1]) Hasegawa, *Bull. Agricult. Chem. Soc. Japon*, 7, p. 73-74.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sublimation des alcaloïdes sous pression réduite.* Note [1] de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dès 1833, Mein [2], en isolant l'atropine, et Geiger et Hesse [3] l'hyoscyanine, avaient remarqué que ces alcaloïdes se volatilisent presque sans altération. Thénard [4], en 1835, rapporte que la cinchonine se volatilise; Hlasiwecz [5] précise en 1851 qu'elle se sublime, fait confirmé et étudié par Hesse en 1862 [6].

Après les travaux de précurseurs comme Helwig [7], Guy [8], Behrens, la première étude assez générale sur la sublimation des alcaloïdes sous pression réduite (10 mm/Hg) est due à Eder [9] en 1913. Sur les 36 alcaloïdes expérimentés, 15 donnèrent des sublimats caractéristiques.

La microsublimation des alcaloïdes a été préconisée en pharmacognosie pour identifier certaines matières premières végétales utilisées en pharmacie, ainsi qu'en toxicologie [10]. Ayant eu recours à ce procédé lors de l'extraction, de la purification ou de l'identification d'un assez grand nombre d'alcaloïdes, nous avons essayé de sublimer une soixantaine d'alcaloïdes dans les conditions suivantes :

Dans un tube de verre de 20^{cm} de long et de $0^{cm},5$ de diamètre intérieur, fermé à une extrémité et rigoureusement propre et sec, on répartit au voisinage du fond 5^{cg} d'alcaloïde. Ce tube est introduit avec un thermomètre, dont l'ampoule est placée au niveau de l'alcaloïde, dans un tube de quartz transparent, relié à une trompe à mercure. Ce tube de quartz est lui-même engagé sur les 2/3 de sa longueur dans un four transparent en Pyrex dont le bobinage permet de suivre l'opération. Un deuxième thermomètre donne la température du four. On fait le vide en présence de P_2O_5 pendant 24 heures et l'on procède au chauffage assuré électriquement. La température est élevée de 1° par minute jusqu'au voisinage du point de sublimation qui a été déterminé dans un premier essai, puis de 1° en 5 minutes jusqu'à l'apparition du sublimat dans la partie du tube extérieure au four. On maintient cette température durant toute la sublimation. La pression mesurée au moyen d'une jauge de Brunner [11] a été choisie entre 0,01 et 0,02 mm/Hg, exceptionnellement à 0,03. *A aucun moment le corps ne doit fondre.*

---

(1) Séance du 10 décembre 1947.
(2) *Annalen der Pharmacie*, 5, 1833, p. 71-72.
(3) *Ibid.*, 7, 1833, p. 271 et 273.
(4) *Traité de Chimie élémentaire théorique et pratique*, 4, 1835, p. 262 et 277.
(5) *Ann. der Chem. Pharm.*, 77, 1851, p. 49.
(6) *Ibid.*, **122**, 1862, p. 230.
(7) *Zeitschr. f. analyt. Chem.*, 3, 1864, p. 43.
(8) *Pharmaceutical Journ.*, [2], 8, 1866-1867, p. 718; 9, 1867-1868, p. 370.
(9) *Schweiz. Woch. Chem. Pharm.*, 51, 1913, p. 228-231, 241-245.
(10) Tunmann et Rosenthaler, *Pflanzenmikrochemie*, 2e éd. 1931.
(11) *Helv. chim. Acta.*, 13, 1930, 915.

Les résultats obtenus permettent de classer les alcaloïdes en deux groupes :

a. Alcaloïdes ne donnant pas de produits cristallisés par sublimation : berbérine, boldine cristallisée, cassaïne, céphéline, chélidonine, colchicine cristallisée, corynanthéidine, corynanthéine cristallisée, corynanthine (mono-acétyl- et diacétyl-), delphinine, émétine, éphédrine, hydrastine, narcéine, quinicine, trigonelline (et son chlorydrate).

B. Alcaloïdes donnant des sublimats cristallisés.

Alcaloïdes.	Température de sublimation et pression (en mm/Hg).		Alcaloïdes.	Température de sublimation et pression (en mm/Hg).	
Arécoline (BrH)	127°	(0,01)	Hordénine	102°	(0,01)
Atropine	88	(0,02)	Hydrastinine	54	(0,03)
Brucine	148	(0,02)	Hyoscyamine	83	(0,02)
Caféine	75	(0,01)	Ibogaïne	134	(0,03)
Cicutine (BrH)	132	(0,02)	Morphine	182	(0,025)
Cinchonamine	128	(0,01)	Narcotine	122	(0,015)
Cinchonidine	123	(0,01)	Papavérine	115	(0,01)
Cinchonine	129	(0,015)	Peyotline	74	(0,01)
Cocaïne	68	(0,02)	Pilocarpine (BrH)	128	(0,02)
Codéine	96	(0,01)	Pipérine	104	(0,02)
Conessine (*)	95	(0,01)	Quinidine	140	(0,01)
Coryline	74	(0,01)	Quinine	123	(0,01)
Corynanthidine (**)	156	(0,01)	Sempervirine	158	(0,01)
Corynanthine	173	(0,01)	Strychnine	125	(0,01)
Ecgonine	152	(0,025)	Thébaïne	91	(0,01)
Ecgonine (benzoyl)	141	(0,025)	Théobromine	109	(0,01)
Eséridine	83	(0,02)	Yobyrine	94	(0,01)
β-Fagarine (***)	77	(0,01)	Yobyrine (tétrahydro)	102	(0,01)
Gelsémine	162	(0,001)	α-Yohimbéthyline (****)	146	(0,01)
Gramine	59	(0,001)	Yohimbine	159	(0,01)
Harmine	114	(0,01)			

(*) Échantillon donné par M. Paris, Professeur à la Faculté de Pharmacie; (**) ou α-yohimbine [12], (***) ou skimmianine; (****) ester éthylique de l'acide α-yohimbique.

L'examen du tableau précédent montre qu'il est, par exemple, impossible de séparer par sublimation la yohimbine de la corynanthidine (α-yohimbine); l'hyoscyamine de l'atropine; la quinine de la cinchonidine et de la cinchonine.

Deux cas sont particulièrement intéressants : celui de la codéine (96°) et de la morphine (182°); celui de la cocaïne (68°) et de l'ecgonine (152°) et de son dérivé benzoylé (141°). C'est ainsi que sur des mélanges de morphine-codéine renfermant 50, 20 et 10 % de codéine, au cours de la sublimation, on voit nettement deux anneaux de cristaux que l'on peut séparer en sectionnant

(12) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 617; *Bull. Soc. Chim.*, [5], **12**, 1946, p. 535.

le tube et analyser. Pour les teneurs de 20 et 10 % de codéine, on peut isoler cette dernière à l'état pur, F 155° (pas de réaction à l'acide iodique).

Conclusion. — Sur les 59 alcaloïdes examinés, naturels ou produits de leur transformation, 41 d'entre eux se sont sublimés à des températures qui, pour la méthode utilisée, sont caractéristiques et susceptibles de rendre des services en chimie extractive et analytique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition de l'acidité organique du moût de Pommes.* Note de MM. **Jean Tavernier** et **Pierre Jacquin**, présentée par M. Maurice Javillier.

D'après Warcollier [1], l'acidité organique des Pommes à cidre françaises est constituée uniquement par l'acide malique. Franzen et Helwert [2] ayant signalé à côté de l'acide malique, la présence des acides citrique, lactique et succinique dans un moût de pommes de provenance non précisée, nous avons entrepris de dresser le bilan de l'acidité organique de variétés de pommes à cidre et de table, en déterminant qualitativement et quantitativement les acides rencontrés dans leurs jus.

L'analyse des moûts provenant de pommes brassées à complète maturité, a été effectuée dès la sortie du pressoir, avant tout départ de prolifération microbienne. Après avoir caractérisé les acides malique, citrique, lactique et succinique par les réactions classiques, nous avons procédé à leur dosage par les méthodes suivantes : l'acide malique par la méthode de Peynaud [3], l'acide citrique par la méthode de Kogan [4] suivant Peynaud [3], l'acide succinique d'après la méthode de Kunz [5] suivant Peynaud [3], l'acide lactique d'après la méthode de Fürth et Charnas [6] suivant la technique de Peynaud [3] modifiée par nous; la présence de sorbite dans le moût de pommes nous a contraints à extraire préalablement l'acide lactique par l'éther sulfurique avant de procéder à son oxydation par le permanganate de potassium.

En effectuant la balance des anions organiques, dans laquelle la somme des divers acides doit être égale à la somme de l'alcalinité des cendres et de l'acidité totale de titration, nous avons obtenu des résultats satisfaisants : cette méthode permet de s'assurer de la détermination complète des acides organiques du moût et de contrôler l'exactitude des méthodes analytiques utilisées.

---

[1] *Cidrerie*, Paris, 3e édit., 1928, p. 44.
[2] *Zeits. Physiol. Chem.*, **127**, 1923, p. 14.
[3] *Ann. Chim. anal.*, **28**, 1946, p. 127.
[4] *Zeits. anal. Chem.*, **80**, 1930, p. 112.
[5] *Zeits. für Untersuch. d. Nahrungsmittel*, 1903, p. 721.
[6] *Biochem. Zeits.*, **26**, 1910, p. 199.

Le tableau suivant condense ces résultats exprimés en milliéquivalents par litre de jus :

Variétés.	Acidité de titration.	Alcalinité des cendres.	Somme des anions.	Acide malique.	Acide citrique.	Acide lactique.	Acide succinique.	Somme des cations.
Rouge de Trèves....	116,0	37,5	153,5	141,0	3,8	0,8	0,7	146,3
Argile nouvelle.....	23,0	21,0	44,0	35,2	2,6	0,7	<0,5	38,5
Reine des Reinettes..	67,0	25,2	92,2	84,0	2,2	0,8	0,7	87,7
Chailleux..........	114,0	41,0	155,0	147,0	2,7	0,3	0,7	150,7
Mc Intosh Red......	32,0	34,0	66,0	53,0	2,3	1,0	<0,5	56,3
Wealthy..........	63,0	29,5	92,5	80,0	2,3	1,0	<0,5	83,3

L'on voit que, indépendamment de la variété étudiée, pomme à cidre aigre ou douce, pomme de table française ou américaine, l'acide malique est l'acide prédominant du moût. L'acidité organique du moût de pommes est constituée par 90 à 95 % d'acide malique, 3 à 10 % d'acide citrique, les acides lactique et succinique représentant à eux deux 1,5 % au maximum de cette acidité.

Il nous a paru intéressant de suivre, au cours de la vie végétative de la pomme sur l'arbre, l'apparition et le métabolisme des acides organiques. Voici les résultats obtenus exprimés en milliéquivalents par litre :

	Date de cueillette des variétés de pommes. Chailleux. 11 juin.	2 août.	27 sept.	Rouge de Trèves. 19 juin.	2 août.	30 sept.
Acidité de titration.....	304	166	114	485	356	116,0
Acide malique.........	291	200	147	444	386	141,0
» citrique.........	3,6	2,7	2,6	3,6	3,6	3,8
» lactique.........	0,8	0,4	0,3	1	0,5	0,8
» succinique.......	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7

Ce tableau montre que les quatre acides organiques dosés dans la Pomme à maturité se rencontrent très tôt dans le fruit vert, soit 28 et 35 jours après la nouaison, pour les variétés étudiées. On constate que la diminution de l'acidité de titration au cours du développement de la Pomme est due à l'oxydation d'une partie de l'acide malique, les variations constatées dans les teneurs en acide citrique, lactique et succinique étant très faibles ou même nulles.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur les valeurs extrêmes des proportions d'azote, d'acide phosphorique et de potasse dans la feuille, en relation avec la santé de la vigne.* Note de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dès le début des travaux sur le diagnostic foliaire, nous avions insisté sur la base exclusivement expérimentale de notre méthode d'information. Nos observations nous avaient amenés à la conclusion reproduite dans la plupart de nos

écrits : *Le diagnostic foliaire est fidèle, sensible, et particulièrement accessible.* Autrement dit, si l'on introduit ou constate un facteur de nutrition, la nutrition du végétal apparaît comme modifiée dans le sens de ce facteur. Les différences observées entre la plante mieux alimentée et les témoins sont largement suffisantes pour établir ce fait. Toutes ces constatations n'exigent que des moyens couramment applicables.

Dans l'interprétation des résultats analytiques, nous distinguons chaque fois la *quantité* et la *qualité* de l'alimentation NPK. La quantité est mesurée par l'intensité d'alimentation, c'est-à-dire par les teneurs centésimales de la matière sèche en azote, acide phosphorique et potasse, la somme de ces trois chiffres constituant l'alimentation globale $N + P_2O_5 + K_2O$ au moment considéré. La qualité s'exprime par les rapports mutuels des trois principes ou rapports physiologiques.

Complètement indépendants, ces deux caractères peuvent logiquement se lier pour constituer le diagnostic foliaire à un moment donné, le diagnostic foliaire annuel étant constitué par la série des états chimiques de la feuille, répartis sur tout le cycle végétatif.

Le diagnostic foliaire annuel d'une culture étant comparé à l'optimum alimentaire de l'espèce cultivée, nous y lirons dans quelle mesure cette culture est éloignée de l'optimum alimentaire souhaité. (L'optimum est déterminé avec une certaine approximation après enquête sur des plantes placées dans les meilleures conditions de culture, ou encore par des champs d'expériences de longue durée.)

Cela posé, le but de la présente Note est de mettre en évidence combien sont larges les variations de l'intensité d'alimentation mesurée par l'analyse de la feuille. Dans le tableau ci-dessous, nous indiquons les proportions minima et maxima de chacun des trois principes : azote, acide phosphorique et potasse, relevées à trois époques du cycle végétatif annuel.

	Pour 100 p. de matière sèche					
	Azote.		Acide phosphorique.		Potasse.	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Début floraison	1,5	3,9	0,30	1,4	0,45	4,1
Véraison	1,2	3,6	0,20	0,9	0,30	3,3
Maturité (vendange)	0,70	2,7	0,12	0,6	0,20	2,6

Ainsi, dans les limites de notre enquête, l'espèce cultivée Vigne, suivant les possibilités de nutrition qui lui sont offertes, accuse dans la feuille de base de ses sarments fructifères des variations d'intensité alimentaire allant de 1 à 3 pour l'azote, de 1 à 5 pour l'acide phosphorique et de 1 à 10 pour la potasse. Or nous avons constaté que les doses minima relevées pour l'un ou pour l'ensemble des trois principes nutritifs essentiels correspondent dans la grande

majorité des cas à des feuilles provenant de vignes de mauvaise productivité parce que négligées, mal conduites, âgées ou en très mauvais état sanitaire (brunies, chlorosées, court-nouées, etc.). Il est évident que cette relation entre le chimisme de la feuille et l'état de santé de la Vigne ne peut être établie qu'après un long travail statistique. Le nôtre a porté sur plusieurs centaines d'examens foliaires effectués sur échantillons prélevés dans de nombreux vignobles français. Par ailleurs, nous avons noté que les carences azotées et phosphorées sont moins fréquemment relevées, en particulier dans notre midi méditerranéen, que les carences potassiques ([1]). Par contre nous avons des cas où des vignobles établis sur schistes sériciteux et sur boulbènes accusent une carence très nette de P_2O_5 dans la feuille.

Quant aux valeurs maxima figurant dans notre tableau, on ne peut affirmer qu'elles correspondent toujours à des vignobles en parfait état de nutrition, puisque, comme nous venons de le faire remarquer au début de cette Note, en dehors de la quantité, un autre facteur de l'alimentation, la qualité, doit être pris en considération ([2]). Mais déjà, le seul examen des chiffres analytiques exprimant pour cent de matière sèche les proportions de N, P_2O_5, K_2O dans la feuille nous donne un précieux renseignement sur les possibilités alimentaires du végétal et les conséquences parfois désastreuses qui découlent d'une mauvaise intensité de nutrition. L'intérêt de la méthode de contrôle du mode d'alimentation de la Vigne se trouve donc encore une fois affirmé.

PHYSIOLOGIE. — *Lumière, glande du sinus et vitesse de parcours des intermues chez* Leander serratus (*Pennant*). Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Louis Fage.

La question si complexe du déterminisme de la mue des Arthropodes peut être abordée par des méthodes variées. L'une des plus générales est l'analyse des facteurs qui régissent la durée totale d'une intermue. Deux facteurs externes, l'apport alimentaire et la température, ont un effet quantitatif certain sur cette durée, effet de même nature que celui qui peut être observé sur la vitesse de croissance de n'importe quel organisme.

Cette Note apporte la preuve qu'un troisième facteur externe, l'éclairement, joue un rôle de premier plan. Deux groupes de faits m'ont conduit à penser que

---

([1]) C'est ainsi (*Comptes rendus*, 221, 1945, p. 116) que, toutes les fois que la proportion de K_2O dans la feuille de base descend au-dessous de 1 % dans la matière sèche, la plante souffre d'une carence relative en cet élément, et que, très souvent, des troubles physiologiques (brunissure par exemple) en sont la conséquence.

([2]) Il n'y a pas à proprement parler consommation de luxe lorsqu'un des éléments est en excès par rapport aux autres, mais excès relatif de l'élément en question. Cet excès relatif a comme conséquence un nouvel équilibre NPK dans la feuille, celui-ci étant d'autant moins souhaitable qu'il s'éloigne sensiblement de l'équilibre optimum.

ce facteur ne jouait pas isolément, mais en corrélation avec un facteur interne endocrinien, la sécrétion de la glande du sinus (petit massif glandulaire situé dans les pédoncules oculaires). D'une part, les recherches de nombreux auteurs ont établi que la glande du sinus commande par sa sécrétion le degré de contraction des chromatophores, en réponse aux conditions d'éclairement des yeux composés (fonction chromatique). L'éclairement des yeux règle à la fois l'activité de synthèse de la glande et la libération de ses produits dans le sang. D'autre part des recherches récentes (de 1939 à 1944) ont montré que la glande du sinus exerce un rôle frénateur vis-à-vis de la mue : mue plus rapide par ablation de la glande ou des pédoncules oculaires. D'autres effets sont encore imputés à cette glande qui joue chez les Crustacés un rôle de commande centrale.

Or, nous ignorons si la glande du sinus produit une ou plusieurs hormones; nous ignorons surtout si ses divers effets sont liés ou indépendants. Il s'imposait donc, en ce qui concerne la mue, d'envisager l'action combinée de l'activité glandulaire et de l'éclairement, afin de savoir s'il existe une liaison entre eux, comme dans le cas de la fonction chromatique.

Les recherches réalisées dans ce but comportent la détermination de l'incidence de deux mues consécutives chez des animaux mis en expérience à des étapes bien déterminées du cycle d'intermue. Les animaux sont groupés en six séries, trois séries d'animaux intacts, trois séries d'opérés (ablation des pédoncules oculaires par section, suivie de cautérisation). Chaque groupe (intacts et opérés) comporte une série en lumière continue, une série en obscurité continue et une série en éclairement naturel (alternance quotidienne lumière-obscurité). L'observation de trois séries d'opérés, qui peut paraître superflue, a pour but de se prémunir contre l'action possible sur l'effet étudié de photorécepteurs autres que le système des yeux composés et de leurs annexes glandulaires. Dans l'ensemble des six séries, la seule série témoin est celle des animaux intacts en éclairement naturel (alternance lumière-obscurité). Les résultats, résumés par la moyenne de chaque série, sont figurés dans le tableau suivant :

	Cond. naturelles.		Obscur. continue.		Lumière continue.	
	Témoins.	Opérés.	Témoins.	Opérés.	Témoins.	Opérés.
Nombre total d'animaux.....	(23)	(20)	(25)	(18)	(10)	(9)
Durée moyenne d'intermue (en j).	14,8	12,5	18,1	12,9	19,3	13,0
Accélération d'intermue chez les opérés (%)...................	15,5		28,4		32	

Ce tableau met en lumière les faits suivants : les conditions d'éclairement sont indifférentes chez les opérés; donc aucun photorécepteur autre que les yeux composés n'intervient dans la mue; chez les animaux intacts, ce sont les conditions naturelles (alternance quotidienne lumière-obscurité) qui réalisent les intermues les plus courtes et, par conséquent, la croissance la plus rapide; l'uniformité des conditions allonge l'intermue de 22 % dans le cas de l'obscurité

continue et de 30 % dans le cas de la lumière continue. (Il serait intéressant de savoir dans quel sens agirait un rythme d'alternance plus rapide que le rythme quotidien.)

L'accélération d'intermue par ablation des pédoncules oculaires est beaucoup plus importante dans la série obscurité continue (28,4 %) et dans la série lumière continue (32 %) que dans la série alternance lumière-obscurité (15,5 %); ceci n'est évidemment qu'un corollaire des faits précédents : indifférence des conditions d'éclairement chez les opérés, et effet retardateur dû à la suppression de l'alternance lumière-obscurité chez les animaux intacts. Tous ces faits indiquent que la sécrétion de la glande du sinus, agissant sur la durée d'intermue, est elle-même sous la dépendance des conditions d'éclairement.

De nouvelles recherches devront être faites pour préciser la nature de cette dépendance. Celle-ci est sans doute assez complexe, comme l'a indiqué Panouse ([1]) pour la fonction chromatique : dans ce cas particulier, l'activité sécrétrice dépend à la fois des conditions d'éclairement et d'un rythme nycthéméral de la glande, qui conserve, même à l'obscurité continue, une certaine autonomie.

La prospection endocrinologique des Crustacés est encore limitée à un trop petit nombre d'espèces pour permettre des généralisations; on peut toutefois, et à titre d'hypothèse de travail, suggérer ceci : l'action frénatrice de la glande du sinus sur la durée d'intermue doit être très générale, ainsi que l'indique la diversité des espèces étudiées à cet égard (Natantia, Macroures et Brachyoures); les relations entre l'activité de la glande et les conditions d'éclairement pourraient être beaucoup plus variées, ne se présentant pas de la même manière chez les espèces faiblement et fortement photosensibles. Une étude comparée d'espèces se comportant diversement vis-à-vis de la lumière établirait sans doute des liens intéressants entre l'écologie et la physiologie endocrinienne des Crustacés.

PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS. — *Étude sur l'excitation olfactive.*

Note ([1]) de M. **Jacques Le Magnen**, présentée par M. Léon Binet.

Le mécanisme de l'excitation olfactive est encore très mal connu. En l'absence de données précises sur l'influence relative des différents facteurs entrant en jeu dans l'excitation, et d'une technique permettant de les étudier, la mesure et l'expression des seuils olfactifs demeurent très empiriques; la difficulté essentielle réside dans le fait que la substance excitatrice diluée dans l'air est véhiculée jusqu'à la muqueuse par le courant respiratoire. Ce courant respi-

---

([1]) J. B. Panouse, *Ann. Inst. Océanogr.*, 23, 1946, fasc. 2, p. 65.

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

ratoire, par sa vitesse, son sens et son volume, conditionne les valeurs, au niveau de la muqueuse, c'est-à-dire au sommet des fosses nasales, des différentes variables susceptibles d'intervenir dans la stimulation, telles que le taux de dilution de la substance odorante, sa quantité, sa vitesse et sa pression. Ces différentes variables ne pouvant être mesurées au cours de la phase respiratoire au niveau de la muqueuse, il est indispensable de pouvoir y déduire leur valeur et leur rôle respectif dans l'excitation, de leur mesure à l'entrée des fosses nasales, et d'étudier dans ce but le mécanisme externe et respiratoire de la stimulation olfactive.

J'ai utilisé la technique suivante : Un mélange odorant est constitué dans une enceinte de petite capacité, fermée au sommet par une cloche à eau mobile, équilibrée par un contrepoids. Le sujet aspire dans un masque, et contrôle sa vitesse d'inspiration à l'aide d'un indicateur de vitesse du déplacement de la cloche. Un dispositif accessoire permet de limiter à volonté le volume inspiré.

Résultats. — 1° A une vitesse constante, le sujet aspire différents volumes d'une dilution d'eucalyptol proche du seuil journalier moyen. Pour les trois volumes expérimentés (600, 300 et 150$^{cm^3}$), on trouve le même pourcentage de réponses positives. A quatre vitesses d'inspiration différentes, l'excitation se montre ainsi chaque fois indépendante du volume global inspiré (*fig.* 1).

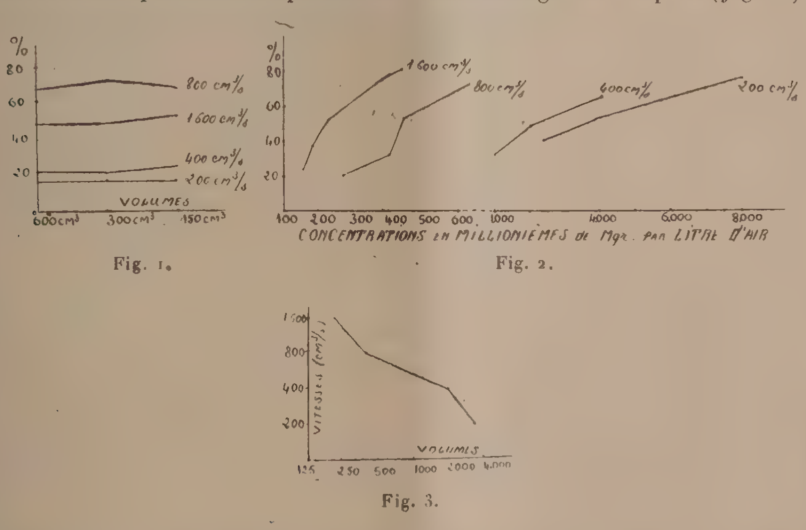


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

2° Avec un volume inspiré constant (600$^{cm^3}$), j'ai recherché la courbe de seuil pour quatre vitesses du courant respiratoire (1600, 800, 400 et 200 cm³/sec). On constate à 800 cm³/sec un seuil pour une concentration double de la concentration pour laquelle on trouve le seuil à la vitesse double de 1600 cm³/sec. De même la concentration liminaire est à 200 cm³/sec près de deux fois plus grande que celle de 400 cm³/sec. La même relation n'est pas observée entre 400 et 800 cm³/sec. La quantité de substance odorante dans un litre d'air pour

laquelle on trouve le seuil à 400 cm³/sec est près de cinq fois plus élevée qu'à la vitesse double (*fig.* 2). Sur la base de ces quatre courbes de seuils on a tracé la courbe des seuils (50 % de réponses positives) en fonction de la vitesse d'inspiration (*fig.* 3).

Interprétation. — A une vitesse constante donnée, les conditions aérodynamiques réalisées dans les fosses nasales étant les mêmes, la proportion des molécules atteignant la muqueuse par rapport à la quantité totale de molécules inspirées ne peut varier, quel que soit le volume, c'est-à-dire la durée de l'inspiration. Or, puisque l'on constate qu'à une vitesse constante, l'excitabilité ne varie pas avec le volume, il apparaît que cette excitabilité est indépendante du nombre absolu de molécules parvenant à la muqueuse.

La différence des concentrations liminaires, avec les vitesses d'inspiration, peut être interprétée, soit comme une conséquence de la modification des conditions aérodynamiques amenant une proportion différente des molécules à la muqueuse, soit comme une action spécifique, dans l'excitation, de la vitesse d'arrivée des molécules sur l'épithélium, l'excitabilité de la muqueuse par la substance étudiée pouvant s'exprimer dès lors en nombre de molécules y parvenant dans l'unité de temps. Or, la constance observée du produit (nombre de molécules × vitesse) entre 800$^{cm^3}$ et 1600 cm³/sec et entre 200 et 400 cm³/sec d'une part, et d'autre part, l'indépendance constatée de l'excitabilité à l'égard du volume inspiré, vérifient la seconde interprétation, à savoir que l'excitation est fonction pour une substance donnée d'un nombre de molécules parvenant à la muqueuse dans l'unité de temps. La relation précédente n'étant pas observée entre 400 et 800 cm³/sec on peut en conclure qu'entre ces deux vitesses (correspondant d'ailleurs au passage à des vitesses inférieures à celles du rythme respiratoire normal) les conditions aérodynamiques changent, modifiant la proportion des molécules atteignant la muqueuse.

Ces résultats et des travaux complémentaires permettront sans doute de résoudre de nombreux problèmes concernant l'excitation olfactive et semblent imposer l'expression pratique et la mesure du stimulus par la valeur d'une dilution de la substance, inspirée à une vitesse constante donnée.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *État de développement des ébauches mammaires et du cordon vaginal chez les fœtus mâles et femelles de Souris, dont les ébauches des glandes génitales ont été détruites par une irradiation au moyen des rayons X, à l'âge de treize jours.* Note de MM. **Albert Raynaud** et **Marcel Frilley**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons réalisé précédemment [1] [2] la destruction, au moyen des rayons X, des ébauches des glandes génitales de l'embryon de Souris âgé de

(1) *C. R. Soc. Biol.*, séance du 22 novembre 1947.

(2) *Soc. d'Endocrinologie*, séance du 27 novembre 1947.

treize jours : consécutivement à la destruction des ébauches testiculaires, on observe chez les embryons mâles l'arrêt de développement des glandes annexes, l'organisation du sinus urogénital en une portion urétrale et un cordon vaginal, l'édification d'organes génitaux externes semblables à ceux des femelles et des ébauches mammaires attachées à l'épiderme. Dans la présente Note, nous apportons des précisions sur l'état de développement de ces ébauches mammaires et examinons conparativement le degré de développement du cordon vaginal chez les fœtus des deux sexes, irradiés et non irradiés, de la même portée.

Le matériel utilisé comprend six fœtus de la même portée; trois embryons de cette portée ont reçu, sur les ébauches de leurs glandes génitales, une dose de 120000 r. de rayons X, à l'âge de 13 jours, 12 heures; les six fœtus ont été sacrifiés à l'âge de 18 jours, 8 heures; ils comprennent : deux femelles à ovaires détruits, un mâle à testicule détruit, un mâle et deux femelles non irradiés. Un second fœtus mâle à testicules détruits par irradiation à l'âge de 13 jours, 13 heures et appartenant à une autre portée, a été également étudié dans ce but; chez tous ces fœtus, les régions thoracique et abdominale ont été débitées en coupes sériées à $7^{\mu},5$ d'épaisseur et étudiées microscopiquement.

Résultats obtenus : A. *Ébauches mammaires.* — *a.* Chez les deux fœtus mâles âgés de 18 jours et quelques heures, à testicules détruits, les ébauches mammaires pectorales et inguinales sont représentées par des cordons épithéliaux attachés à l'épiderme ([3]), tandis qu'ils sont séparés de l'épiderme chez le mâle normal. Chez un de ces fœtus mâles, la deuxième ébauche mammaire inguinale droite est bien développée (les deux mamelles inguinales gauches sont absentes, leurs ébauches ayant été situées dans la région irradiée), tandis que chez le fœtus mâle témoin, la deuxième paire d'ébauches mammaires inguinales fait défaut.

b. Chez les deux fœtus femelles à ovaires détruits, les différentes ébauches mammaires sont également représentées par des cordons épithéliaux en continuité avec l'épiderme.

c. Les ébauches mammaires inguinales sont plus développées chez les fœtus mâles à testicules détruits que chez les fœtus mâles normaux.

B. *Cordon vaginal.* — Dans le tableau ci-après sont rapportées des mensurations du cordon vaginal de quatre fœtus de la même portée; le premier chiffre représente la plus grande largeur du cordon (mesurée dans le sens latéral), le second l'épaisseur de ce cordon (diamètre antéro-postérieur); la première rangée horizontale de chiffres se rapporte à des mensurations effectuées au niveau de la partie supérieure de cette ébauche vaginale; la seconde à des mesures effectuées à un niveau légèrement inférieur.

([3]) Ces constatations indiquent que c'est le testicule embryonnaire qui est à l'origine de la séparation du bourgeon mammaire primitif et de l'épiderme (vraisemblablement par action de la sécrétion testiculaire sur le mésenchyme entourant le bourgeon mammaire primitif).

Dimensions du cordon vaginal.

Fœtus ♂ à testicules détruits (nº 1506) pesant $958^{mg},7$.	Fœtus ♀ à ovaires détruits (nº 1510). pesant $927^{mg},3$.	Fœtus ♀ non irradié (nº 1509) pesant $1323^{mg},5$.	Fœtus ♀ non irradié (nº 1511) pesant $1230^{mg},5$.
$127^{\mu},5 \times 60^{\mu}$	$125^{\mu} \times 65^{\mu}$	$165^{\mu} \times 55^{\mu}$	$150^{\mu} \times 90^{\mu}$
$125^{\mu} \times 65^{\mu}$	$132,5^{\mu} \times 75^{\mu}$	$165^{\mu} \times 55^{\mu}$	$145^{\mu} \times 90^{\mu}$

Ces mensurations montrent que le degré de développement du cordon vaginal est comparable chez les deux fœtus mâle et femelle à glandes génitales détruites et légèrement inférieur au degré de développement du cordon vaginal des fœtus femelles non irradiés de la même portée (¹).

ZOOLOGIE. — *Sur les organes accessoires femelles des* Orthoptères. Note de M. **André Voy**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai étudié, par la méthode des coupes en série à la paraffine, l'appareil génital d'une trentaine d'espèces appartenant à diverses familles d'Orthoptères (*Blattidæ*, *Mantidæ*, *Tettigoniidæ*, *Gryllidæ*, *Tetrigidæ*, *Acrididæ*). Les relations

---

(¹) Signalons, en outre, que, chez les deux fœtus femelles (nºˢ **1508** et **1510**) de cette portée, âgés de 18 jours 8 heures, à ovaires détruits, nous avons constaté la persistance des extrémités inférieures des canaux de Wolff, continues, plus longues et plus développées que celles qui persistent chez les fœtus femelles normaux; la longueur de l'extrémité inférieure du canal de Wolf droit est particulièrement importante : elle atteint 578^{μ} et 712^{μ} respectivement chez les fœtus nºˢ **1508** et **1510**. Ces extrémités, inférieures des canaux de Wolff de ces femelles à ovaires détruits, sont plus développées dans leur segment crânial, que dans leur partie caudale : dans leur partie crâniale, leur diamètre est voisin de $60^{\mu} \times 40^{\mu}$ (canal de Wolff droit), tandis qu'il n'est que de 25 à 35^{μ} chez les fœtus femelles témoins; la hauteur de l'épithélium atteint 15 à 20^{μ}, tandis qu'elle ne mesure que de 7 à 12^{μ} chez les deux fœtus témoins non irradiés; dans leur partie tout à fait inférieure, au contraire, l'état de développement de ces canaux est comparable chez les fœtus femelles irradiés et non irradiés.

Ce développement anormal des extrémités inférieures des canaux de Wolff des fœtus femelles à ovaires détruits, est susceptible de plusieurs interprétations, car ces extrémités sont situées à la limite de la zone des tissus de l'embryon qui a été traversée par le faisceau de rayons X; on peut se demander si la destruction des ovaires de l'embryon, à l'âge de 13 jours, n'a pas supprimé une influence inhibitrice qu'exerceraient normalement ces glandes génitales femelles, sur les canaux de Wolff, à ce stade précoce du développement; mais il est possible que l'irradiation ait provoqué, au voisinage de ces extrémités, des conditions locales particulières (modifications de la vascularisation, par exemple), qui aient retardé l'involution de ces canaux de Wolff; et ceci conduit à envisager le rôle de l'oxygénation dans ces modifications du développement des gonoductes. De nouvelles recherches expérimentales permettront de décider quelle est celle de ces deux hypothèses qui correspond à la réalité.

anatomiques déjà mises en évidence chez la Blatte [1] entre le réceptacle séminal et les valves inférieures de l'oviscapte d'une part, la glande sébifique (lorsqu'elle existe) et les valves internes d'autre part, se retrouvent d'une façon constante.

Réceptacle séminal. — Le réceptacle séminal, composé d'un canal dont la partie terminale renflée forme le ou les réservoirs, existe dans toutes les espèces. Il présente des variations morphologiques ayant une valeur systématique indéniable.

Le réservoir est de forme simple chez les *Mantidæ* et la plupart des Ensifères. Il est piriforme chez les *Mantidæ*, *Tettigoninæ*, *Decticinæ*, *Conocephalinæ*, *Phaneropterinæ*, sphéroïdal chez les *Ephippigerinæ*, réniforme chez les *Gryllus*, en forme d'U chez *Gryllotalpa gryllotalpa* L.. Chez les *Tetrigidæ*, il porte un appendice en forme de T. Il est double et tubulaire chez *Blatta orientalis* L. Mais c'est chez les *Acrididæ* qu'il présente le maximum de complication. Il est double avec des diverticules plus ou moins développés, en forme d'S chez *Chrysochraon dispar* Ger., en forme d'U chez les *Œdipodinæ*. Notons que, chez les *Decticinæ*, la paroi du réservoir subit après l'accouplement une diminution d'épaisseur extrêmement marquée.

Le canal du réceptacle peut être court et capillaire (*B. orientalis* L.), rectiligne (*Mantis religiosa* L.), sinueux (*G. gryllotalpa* L.), long et enroulé en hélice irrégulière (*Gryllus*), extrêmement long avec boucles, tortillons, spires terminales (*Acrididæ*). Chez les *Gryllidæ*, il débouche dans un renflement antérieur de la poche copulatrice (*renflement sus oviductal* de Fenard) [2], homologue des apophyses antérieures de *B. orientalis* L., qui masque complètement l'oviducte médian.

La glande sébifique. — La glande sébifique est constante chez les *Blattidæ*, *Mantidæ*, *Tettigoninæ*, *Decticinæ*, *Ephippigerinæ*. Elle manque chez les *Phaneropterinæ* et les *Conocephalinæ*, où cependant les trois paires de valves de l'oviscapte sont normalement représentées. Son absence semble liée, dans ce cas, au mode de ponte particulier dans l'épaisseur du limbe des feuilles. Chez les *Acrididæ* et les *Gryllidæ*, l'absence de la glande sébifique coïncide avec l'atrophie marquée des valves internes (*Gryllus*), ou avec l'atrophie de l'oviscapte tout entier (*G. gryllotalpa* L.). L'anatomie comparée confirme ainsi la notion d'une corrélation entre la glande sébifique et les valves internes.

La glande sébifique absente semble fonctionnellement remplacée par des organes, de valeur morphologique très variable suivant les espèces, dont la couche glandulaire s'hypertrophie considérablement. L'organe qui fait l'objet

(1) *Note sur les organes accessoires femelles de la Blatte* (*Blatta orientalis* L.) (*Comptes rendus*, 225, 1947, p. 767).

(2) *Recherches sur les organes complémentaires internes de l'appareil génital des Orthoptères* (*Bul. Sc. Fr. Bel.*, 29, 1897, p. 390).

de cette adaptation compensatrice est le réceptacle séminal lui-même chez *Homorocoryphus nitidulus* Scop. (Conocephalinæ), un appendice de celui-ci chez *Tetris tenuicornis* J. H. Chez les *Acrididæ*, c'est un diverticule antéro-interne du calice de l'ovaire, décrit par Fenard sous le nom de *boyau calicial*. Enfin, chez *G. gryllotalpa*, c'est l'oviducte latéral lui-même qui subit l'hypertrophie glandulaire.

En conclusion, il n'existe dans l'ensemble des Orthoptères que deux organes accessoires fondamentaux, le réceptacle séminal et la glande sébifique ([3]). Ces organes sont toujours des annexes de la poche copulatrice ectodermique et n'ont jamais, contrairement à l'opinion classique, de rapport direct avec l'oviducte médian, même dans le cas où celui-ci a une existence réelle.

BIOMÉTRIE. — *Sur l'équilibre structural et les corrélations organiques chez les Gryllides.* Note ([1]) de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le type structural des organismes qui appartiennent à un groupement homogène peut être biométriquement défini par quatre caractéristiques essentielles : *dimensions relatives* des organes, leur *allométrie*, leur *variabilité*, leurs *degrés de liaisons* réciproques. Ce sont les liaisons entre organes qui maintiennent l'équilibre morphologique de tout individu du groupement. La recherche des facteurs physiologiques dont dépendent ces liaisons peut être facilitée par une analyse factorielle qui permet de déterminer un schéma de décomposition des influences en facteurs statistiquement indépendants les uns des autres : par exemple, un facteur général commun à tous les caractères et des facteurs de groupes communs à certains caractères seuls, dégagés des corrélations résiduelles, après l'élimination du facteur général. Une telle analyse nécessite des calculs longs et fastidieux. Mais, en première approximation, la mise en évidence de la présence et de la position des facteurs de groupes peut être obtenue par le calcul des corrélations partielles entre les grandeurs des caractères, rapportées à un caractère référence composite : groupement linéaire (pondéré ou non) de différents caractères morphométriques. A titre d'exemple, voici, résumés dans les deux tableaux ci-contre, les résultats obtenus sur deux groupes (201 ♂ et 121 ♀) de *Gryllus campestris* avec $\Sigma 7x$ non pondéré. Ces résultats sont démonstratifs et assez voisins de ceux qu'on obtient par les méthodes Spearmann, avec, toutefois, une majoration sensible des coefficients négatifs.

([3]) Je n'ai pas retrouvé dans les coupes en série, ni chez *G. campestris*, ni chez *G. domesticus*, les *glandes accessoires de la chambre prévulvaire*, signalées par G. Cousin (*Bul. Biol. Fr. Bel.*, **71**, 1938, p. 80) chez *Gryllus campestris* L.

([1]) Séance du 10 décembre 1947.

Gryllus campestris mâles											
♂		tête		pronotum			patte		ailes		
		Th	Tt	Pa	Pp	Pl	Fe	Ti	El	Et	Ai
tête	Th		+6	2	1	1	1	1	-3	0	0
	Tt	+6		+4	1	1	1	-2	-5	2	2
pronotum	Pa	2	+4		+5	1	-3	-3	-6	1	2
	Pp	1	1	+5		1	-3	2	-4	1	1
	Pl	1	1	1	1		1	-3	1	+2	1
patte	Fe	1	1	-3	-3	1		+5	1	1	1
	Ti	1	-2	-3	2	-3	+5		1	0	+2
ailes	El	-3	-5	-6	-4	1	1	1		+3	+3
	Et	0	2	1	1	+2	1	0	+3		+2
	Ai	0	2	2	1	1	1	+2	+3	+2	

Gryllus campestris femelles										
♀	tête		pronotum			patte		ailes		
	Th	Tt	Pa	Pp	Pl	Fe	Ti	El	Ai	Ta
Th		+3	+3	2	2	1	1	-3	1	0
Tt	+3		+4	1	+3	1	-3	-3	2	1
Pa	+3	+4		+7	+3	-3	2	-4	-4	0
Pp	2	1	+7		2	-5	-3	-5	-4	1
Pl	2	+3	+3	2		2	-4	-2	0	1
Fe	1	1	-3	-5	2		+6	1	0	1
Ti	1	-3	2	-3	-4	+6		2	1	+3
El	-3	-3	-4	-5	-2	1	2		+6	0
Ai	1	2	-4	-4	0	0	1	+6		1
Ta	0	1	0	1	1	1	+3	0	1	

D'après les tests de signification, les limites minima des coefficients de corrélation partielle, avec probabilité de 0,99, s'établissent respectivement pour les groupes ♂ et ♀ à 0,185 et 0,235. Les coefficients de corrélation dont les valeurs sont au-dessus des limites de signification sont portés en *grands caractères*, *gras* pour les valeurs positives, *italiques* pour les négatives. Les petits caractères indiquent les coefficients de corrélation, positifs ou négatifs, dont les valeurs sont au-dessous des limites de signification. Le maintien de ces petites valeurs de coefficients pour les mêmes caractères dans les groupes parallèles peut les rendre nettement significatifs. Afin que le tableau soit plus lisible, les coefficients ont éte arrondis à une seule décimale et $\times 10$. Ainsi, 0 correspond aux coefficients compris entre 0 et $\pm 0{,}04$; ± 1 à ceux compris entre $\pm 0{,}05$ et $\pm 0{,}14$ ...; 7 à ceux compris entre $\pm 0{,}65$ et $\pm 0{,}74$.

Dans les carrés situés sur la diagonale, se trouvent réunis les coefficients de *corrélation organique intragroupe :* tête, pronotum, patte, organes du vol. Ces coefficients sont tous positifs et élevés. En résumé, les liaisons, indépendantes de la taille, sont fortes et positives pour *Th/Tt, Pa/Pp, Ti/Fé, El/Ai, Et/El.*

Parmi les *corrélations intergroupes* positives, on remarque des liaisons nettement significatives entre les caractères de la tête et ceux du pronotum, parties du corps dérivant de l'organisation progressive de métamères voisins. Plus inattendues sont les liaisons positives qui unissent l'organe de ponte et le tibia postérieur, mais qui se trouvent confirmées dans le groupe de *G. bimaculatus.* Toutes les autres liaisons intergroupes sont négatives.

Ces tableaux font ressortir clairement, par les valeurs opposées des corrélations intergroupes, que l'augmentation des dimensions de la tête ou du pronotum est accompagnée d'un raccourcissement des pattes postérieures et des organes du vol. Ces faits ne sont pas isolés, ils s'inscrivent dans un ensemble cohérent de caractéristiques structurales, dérivant des liaisons organiques observées dans différents groupes de Gryllides génétiquement distincts.

Ainsi, l'analyse quantitative des relations organiques intimes met en évidence un principe de compensation ordonnée, que l'analyse factorielle

permet d'évaluer par des corrélations positives et négatives. Ces indications s'accordent avec les vues théoriques de balancement des organes que E. Geoffroy Saint-Hilaire a déduites de l'observation comparée des Vertébrés et de leur développement. En fait, aucune partie de l'organisme n'a d'évolution autonome et toute variation locale du plan structural spécifique se répercute sur les autres parties du système organique. Mais les interrelations ne s'établissent pas d'une manière quelconque. Les compensations jouent entre organes et groupes d'organes qui semblent être toujours parfaitement déterminés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la clitocybine, principe antibiotique extrait du* Clitocybe candida. Note [1] de MM. **Charles Rivière**, **Maurice Thély** et **Gabriel Gautron**, présentée par M. Maurice Javillier.

Ch. Hollande a établi la présence dans *Clitocybe gigantea* var. *candida* (Bres. Heim) d'un principe antibiotique puissant [2] dont nous avons repris l'étude [3] et [4] en utilisant le mycélium cultivé par bouturages d'une souche obtenue par M. Hollande [5]. Le mycélium comme le carpophore sont peu riches en principes actifs (2 unités Oxford par gramme). La clitocybine est endocellulaire et diffuse peu dans le milieu de culture; excessivement labile en milieu aqueux même à pH 7, elle présente *in vitro* une activité bactériostatique qui s'est exercée à des dilutions variant de 1/300000 à 1/800000 sur tous les germes étudiés (aérobies ou anaérobies, Gram + ou — et acido-résistants). La grande labilité de la clitocybine peut rendre infidèle le dosage d'activité effectué par la méthode Oxford en bouillon. Aussi avons-nous utilisé de préférence la méthode Heatley en boîte de Pétri par comparaison avec des solutions titrées de pénicilline. Une action antibiotique de la clitocybine a été également constatée sur divers Infusoires (expériences contrôlées par M. Fauré-Frémiet) et sur le virus aphteux (avec Louis et Léone Salomon); par contre, divers champignons inférieurs n'y ont pas été sensibles.

Cette activité antibiotique, en somme très générale, de la clitocybine peut être attribuée, d'une part, à une fraction globulinique qui représente 90 % de l'activité totale, et qui, purifiée, titre 8000 unités Oxford par gramme, et

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) Ch. Hollande, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 361 et **224**, 1947, p. 1534.

(3) Rivière, Thély et Gautron, *Soc. Chim. Biol.*, séance du 4 novembre 1947.

(4) En collaboration avec Louis et Léone Salomon, *An. des bactér. de langue française*, séance du 4 décembre 1947.

(5) Les carpophores de *Clitocybe geotropa*, *C. nebularis*, *C. infundibuliformis*, *C. odora* et *Laccaria laccata* var. *amethistea* ont également présenté à l'état frais une activité bactériostatique sur Staphylocoque.

d'autre part, à une fraction éthéro-soluble hétérosidique, qui représente 10 % de l'activité totale, et qui, purifiée, titre 14000 unités Oxford par gramme. Le comportement bactériostatique de ces deux fractions, après diverses purifications ou divers traitements chimiques et physiques, présente une grande similitude, et ceci nous conduit à envisager l'hypothèse d'un principe actif unique pouvant exister soit à l'état hétérosidique, soit à l'état de combinaison protidique.

La clitocybine, en injection sous-cutanée, à la dose de 1/10 d'unité Oxford par gramme d'animal, communique au sang et aux tissus une activité bactériostatique décelable par les méthodes classiques et qui se maintient pendant 4 à 6 heures. Malheureusement, cette dose, répétée deux ou trois fois par jour, entraîne la mort de l'animal avec convulsions et hématurie. Cette toxicité sur cobayes, rats et souris, ou sur infusoires, marche de pair avec l'activité bactériostatique exprimée en unités Oxford, quels que soient les traitements ou purifications effectués. En particulier, on constate une diminution de 35 à 70 % de cette toxicité lorsqu'on inactive une solution de clitocybine (maintien à 37° en milieu aqueux à pH 7, ou à 0° à pH 2 ou 8; traitement par l'alcool méthylique ou éthylique).

Une importante partie de la toxicité de nos extraits de Clitocybe est ainsi étroitement liée à l'activité bactériostatique. En conséquence, nous n'avons pu maintenir plus de quelques heures dans le sang de nos animaux d'expérience le taux bactériostatique minimum vis-à-vis des divers germes étudiés, et par suite, aucun résultat positif n'a pu être enregistré in vivo.

En particulier, nous n'avons pu prévenir ou guérir les infections provoquées par Streptocoque, Pasteurella, bacille de Koch. Cependant, *in vivo*, une action fut obtenue chez des cobayes inoculés de virus aphteux, par traitement à la dose quotidienne de 20 unités : l'apparition des aphtes est retardée pendant toute la durée du traitement; mais à cette dose, la clitocybine entraîne la mort des animaux en 3 à 5 jours sans qu'une guérison définitive ait été obtenue.

Nous n'envisageons pas, contrairement à M. Locquin [6], *une participation de l'acide cyanhydrique ou des glucosides cyanogénétiques de ce Clitocybe* [7] *à l'action bactériostatique de la clitocybine*. En effet, nos extraits purifiés, titrant plus de 10000 unités Oxford par gramme, ne contiennent pas d'acide cyanhydrique, et il est possible de retirer par séjour sous vide à pH 4 tout CNH d'un extrait brut ou purifié, *sans en diminuer ni le titre bactériostatique*, ni la toxicité. Enfin, l'action abiotique de CNH ou d'un glucoside cyanogénétique comme le prulaurasoside, outre qu'elle ne se manifeste sur les bactéries qu'à des concen-

---

(6) M. Locquin, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 893 et *Soc. Chim. Biol.*, séance du 18 novembre 1947.

(7) La présence de ces glucosides nous avait été signalée en janvier 1946 par M. le professeur R. Heim.

trations bien supérieures à celles de la clitocybine, est bactéricide et non bactériostatique.

	Activité Unités Oxford par gramme.	CNH Mg par gr/sec.	CNH. Mg par unité Oxford.
Carpophores secs (Heim)	25	0,405 (Heim)	0,0162
Mycélium sec	20	0,100	0,0050
Macération aqueuse de mycélium	10 (*)	0,028 (*)	0,0028
Fraction protidique brute	2000	1	0,0005
» hétérosidique brute	7000	0,042	0,000006
» hétérosidique purifiée	12000	0	0
Macération aqueuse de mycélium 2 h à pH 4 sous vide	10 (*)	0	0
Acide cyanhydrique (CNK à pH 7)	1000	1000	1
Prulaurasoside (eau distillée de Laurier) Cerise)	0,5 (*)	1 (*)	2

(*) Par centimètre cube.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'action de l'iode sur le tryptophane dans les protéines et à l'état libre.* Note [1] de MM. **Jean Roche** et **Raymond Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'action de l'iode sur les protéines comporte la fixation de l'halogène à celles-ci et des processus d'oxydation. La première conduit à la formation de diiodotyrosine et de thyroxine (Ludwig et von Mutzenbecher) et probablement à celle de diiodohistidine (Blum et Strauss, Pauly). Hofmeister, puis Blum et Strauss, Bauer et Strauss [2] ont par ailleurs montré que l'ioduration complète des protéines rend négative la réaction d'Adamkiewicz propre au tryptophane dans celles-ci, et divers auteurs, entre autres J. Muus, A. H. Coons et W. Salter [3], en ont inféré que l'indylalanine participe alors à la fixation de l'halogène. Toutefois, pour H. Pauly [4], ce dernier oxyderait le cycle pyrrolique de l'indol sans donner au préalable naissance à un dérivé de substitution. L'action de l'iode sur le tryptophane dans les protéines apparaît donc comme mal définie. Nous avons poursuivi à son sujet des recherches que cette Note résume.

Nous avons d'abord dosé le tryptophane dans des iodocaséines et des iodothyroglobulines halogénées en présence de CO_3NaH à pH 7,4 [5] ou en

(1) Séance du 10 décembre 1947.

(2) F. Hofmeister, *Ztschr. f. physiol. Chem.*, **24**, 1898, p. 159; F. Blum et E. Strauss, *Ztschr. f. physiol. Chem.*, **112**, 1921, p. 111; H. Bauer et E. Strauss, *Biochem. Ztschr.*, **284**, 1936, p. 197.

(3) *J. biol. Chem.*, **139**, 1941, p. 135.

(4) *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, **43**, 1910, p. 2243.

(5) E. P. Reineke et C. W. Turner, *J. biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 613.

milieu ammoniacal ([6]), afin de suivre la diminution progressive de son taux en fonction du degré d'ioduration des protéines. Les résultats sont rassemblés ci-dessous :

Nombre d'atomes I mis en œuvre par molécule de tyrosine pour halogéner la protéine.	Caséine iodée. CO_3NaH, pH = 7,4. I (%).	Tryptophane (%).	Caséine iodée. NH_4OH 5 %. I (%).	Tryptophane (%).	Thyroglobuline iodée, CO_3NaH, pH = 4,7. I (%).	Tryptophane (%).
0	0	1,50	0	1,50	0,27	2,50
0,95........	1,95	1,47	–	–	–	–
1,00........	–	–	1,62	1,07	0,50	1,80
2,00........	–	–	–	–	1,41	1,94
2,75........	–	–	4,67	0,60	1,23	1,52
2,83........	5,12	1,31	–	–	–	–
4,50........	6,76	1,09	7,85	0,44	2,06	1,62
6,00........	–	–	–	–	3,52	1,49
6,90........	8,08	0,82	–	–	–	–
7,00........	–	–	11,50	0,33	3,65	1,40
10,00........	9,20	0,33	11,10	0,10	5,17	1,07

L'appauvrissement en tryptophane des protéines est donc d'autant plus grand que leur teneur en iode est plus élevée dans chaque série de produits étudiés; il est par ailleurs plus marqué lorsque la préparation de ceux-ci a été opérée en milieu ammoniacal et dans la caséine plus que dans la thyroglobuline. Cette diminution de la teneur en tryptophane ne doit probablement pas être rattachée à une halogénation de l'acide aminé. En effet, le traitement des iodoprotéines par le stannite de sodium dans les conditions indiquées par E. Brand et B. J. Kassel ([7]) ne modifie pas leur teneur en tryptophane, alors qu'il provoque une régénération de la tyrosine aux dépens de la diiodotyrosine dont il libère l'iode.

Ceci étant, nous avons précisé l'action de l'iode sur le tryptophane en établissant le bilan de l'halogène et des iodures auxquels il donne naissance dans des solutions de l'acide aminé pur. Pareille opération devait permettre d'objectiver une réaction de substitution ou d'oxydation, car la moitié seulement de l'iode mis en œuvre doit apparaître à l'état d'acide iodhydrique dans le premier cas ($RH + I_2 = RI + IH$), la totalité étant réduite dans le second. Afin de choisir entre ces deux éventualités, nous avons fait agir deux à huit atomes d'iode par molécule de tryptophane en milieu faiblement alcalin (CO_3NaH à 3,5 % ou solution tampon de Sörensen borato-boratée 0,5M de pH 8,5) en tube scellé pendant 22 heures à 37° et dosé l'iode libre, les iodures et le tryp-

([6]) P. von Mutzenbecher, *Ztschr. f. physiol. Chem.*, **261**, 1939, p. 253.
([7]) *J. biol. Chem.*, **131**, 1939, p. 489.

tophane en fin d'expérience. Une série des résultats obtenus, citée à titre d'exemple, est reproduite ci-dessous :

Iode mis en œuvre.		Milligrammes de produit trouvé en fin d'expérience.			
Milligrammes dans l'essai (a).	Atomes I par molécule de tryptophane.	Tryptophane.	I libre (b).	I des iodures (c).	Bilan d'I (mg) $(b+c)-a$.
0	0	51	0	0	0
63,5	2	27,8	0	60	—3,5
127,0	4	10,4	0	125	—2,0
190,5	6	4,5	0	195	+4,5
254	8	1,8	27	219	—8,0

La totalité, à de minimes écarts près, de l'iode réagissant avec le tryptophane est, dans tous les cas, retrouvée à l'état d'iodures. Il en découle qu'il ne se forme pas de dérivé de substitution et que l'halogène se comporte uniquement comme un oxydant de l'indylalanine dans les conditions où, par ailleurs, il se combine à la tyrosine ou à l'histidine. Comme la réaction colorée sur laquelle repose le dosage de l'acide aminé exige l'intégrité du cycle pyrrolique, on peut admettre que l'oxydation porte sur celui-ci.

Conclusion. — L'ioduration des protéines (caséine, thyroglobuline) provoque une diminution de leur teneur en tryptophane due à l'oxydation de cet acide aminé, dont il ne se forme probablement pas alors de dérivé halogéné. Les iodoprotéines ne renferment en quantité notable que de la thyroxine, des iodotyrosines et des iodohistidines, comme acides aminés iodés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les antipodes optiques du xylose* (1) *comme source de carbone pour diverses bactéries* (2). Note de M. **Jacques Nicolle** et Mlle **Yvonne Joyeux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous publions cette Note pour fixer dès maintenant certains points d'une étude générale que nous poursuivons sur l'isomérie et ses conséquences en biologie.

Nous avons utilisé les antipodes optiques du xylose comme source de carbone dans notre milieu synthétique habituel (3), (4). Température de l'étuve, 37°C.

1° De très nombreuses expériences réalisées en partant de plusieurs souches de diverses espèces bactériennes nous conduisent aux résultats qui suivent :

(1) Produits de la Maison Hoffmann-Laroche, Paris.

(2) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(3) J. Nicolle, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 482.

(4) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur*, Paris, **67**, 1941, p. 177.

A. Avec les bacilles : 1, Coli; 2, Protéus; 3, Friedländer; 4, Typhi murium; 5, Megaterium; 6, Aertriche; 7, Gartner; 8, Paratyphique B; nous obtenons :

En présence de d-xylose, une croissance normale entre 24 et 48 heures suivant le cas.

En présence de l-xylose, aucune croissance n'a pu être observée.

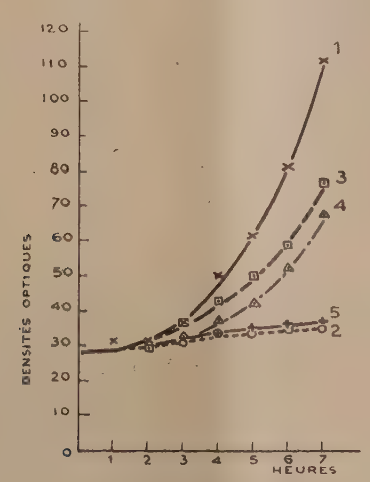


Fig. 1. — 1, *d*-glucose; 2, *d*-arabinose; 3, *l*-arabinose; 4, *d*-xylose; 5, *l*-xylose.

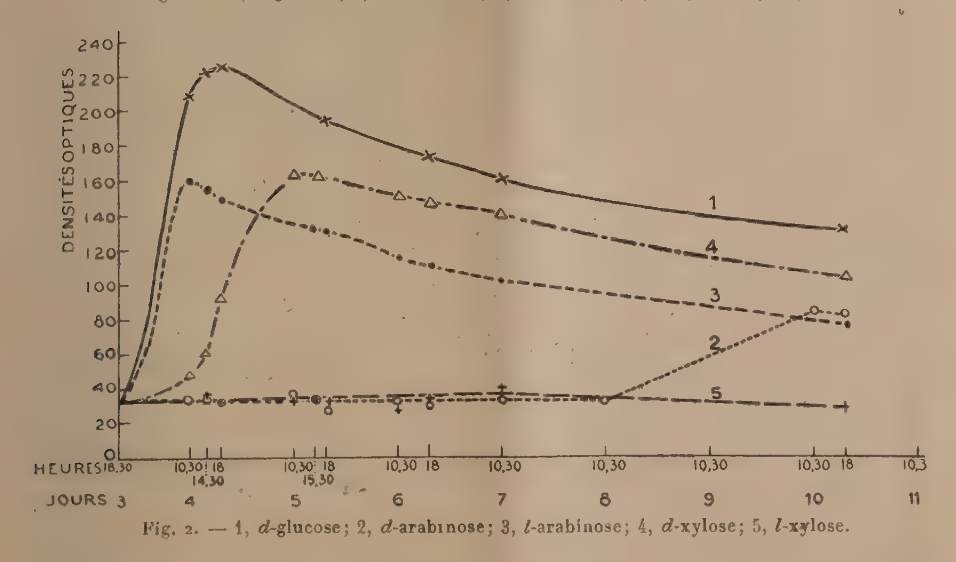


Fig. 2. — 1, *d*-glucose; 2, *d*-arabinose; 3, *l*-arabinose; 4, *d*-xylose; 5, *l*-xylose.

B. Avec les bacilles : 9, Typhique; 10, Paratyphique A.; 11, Shiga; 12, Flexner; 13, Subtilis; 14, Pyocyanique; nous obtenons :

En présence de d-xylose, aucune croissance n'a pu être observée (sauf pour une souche de Typhique et pour une de Subtilis après 5 jours).

En présence de l-xylose, aucune croissance n'a pu être observée.

Il est à noter que les observations relatives aux cultures qui ne présentaient aucune croissance ont été poursuivies dans tous les cas pendant plusieurs semaines.

2° Nous donnons ici les courbes comparatives de croissance d'une souche de Typhi murium sur les antipodes optiques de l'arabinose et du xylose (avec *d*-glucose comme témoin). La figure 1 montre le début de la croissance, suivie d'heure en heure. La figure 2 donne les résultats d'une expérience pendant 10 jours. Nous avons porté en abscisses les temps (en heures et jours) et en ordonnées les densités optiques suivant les mesures effectuées au moyen de l'électrophotomètre de Meunier (raie verte).

Le classement des courbes de croissance se fait dans l'ordre suivant en fonction du temps : *d*-glucose, *l*-arabinose, *d*-xylose, *d*-arabinose et *l*-xylose (pas de croissance).

Conclusion. — Nous voyons donc que les espèces bactériennes étudiées, aussi bien celles qui acceptent le *d*-xylose que celles qui ne s'en accommodent pas, ne semblent pas pouvoir utiliser l'antipode optique dont la disposition des divers groupements dans l'espace paraît être incompatible avec l'orientation des enzymes des bactéries. Ceci est contraire à ce qui se passe pour l'arabinose ([3]) ou l'alanine (source d'azote et/ou de carbone) ([5]), cas dans lesquels nous avons constaté seulement des grandes différences de vitesse dans les croissances comparatives sur les deux antipodes.

Si le *d*-xylose ne semble pas exister à l'état libre dans la nature, on le rencontre, cependant, sous forme de xylanes dans les végétaux, alors que le *l*-xylose ne paraît pas y avoir été décelé même sous forme de composés.

MICROBIOLOGIE. — *Action antibiotique exercée sur le colibacille par l'acide paraaminobenzoïque pur et associé à la pénicilline ou à la streptomycine.* Note ([1]) de MM. **Raoul Lecoq et Jean Solomidès**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Les propriétés antibiotiques de l'acide paraaminobenzoïque sont relativement peu connues. Elles ont été récemment étudiées *in vitro* sur le bacille d'Eberth et *in vivo* sur le bacille de Koch (Di Fonzo). Par ailleurs, l'activité bactériostatique synergique de la pénicilline et de l'acide paraaminobenzoïque ou de la biotine (substances douées de propriétés vitaminiques H) s'exerçant sur des bacilles pénicillino-résistants a été établie chronaxiquement, puis cliniquement, par Lecoq et ses collaborateurs. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de reprendre ce problème et de rechercher l'influence de l'acide paraaminobenzoïque pur et associé à la pénicilline ou à la streptomycine sur le développement *in vitro* du colibacille.

([5]) J. Nicolle, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 862.

([1]) Séance du 24 novembre 1947.

I. Tout d'abord, nous avons recherché le pouvoir bactériostatique de l'acide paraaminobenzoïque (sous forme de sel sodique). Celui-ci a été titré par la méthode des dilutions en bouillon de viande peptoné. Pour cela, des quantités croissantes de solution de paraaminobenzoate de sodium (vitamine H) ont été introduites dans des tubes contenant 9 à 10^{cm^3} de bouillon, qui furent ensuite ensemencés ainsi que deux tubes témoins (sans addition) au moyen de $0^{cm^3},1$ d'une culture de colibacilles de 24 heures, préalablement diluée à 1/10000 dans du bouillon. Les résultats ont été notés, chaque fois, après 18 à 20 heures d'étuve. On constate dans ces conditions que le colibacille se développe bien à des concentrations égales ou inférieures à 1/150, ainsi que dans les tubes témoins ne contenant pas de paraaminobenzoate, alors qu'aucune culture ne s'observe avec des concentrations égales ou supérieures à 1/130.

II. Secondairement, nous avons étudié l'action de la vitamine H sur le pouvoir bactériostatique de la pénicilline. Dans la nouvelle série d'expériences ce pouvoir fut étudié, au moyen d'additions d'une solution de pénicilline titrant 10000 U. O. par cm^3, en bouillon ordinaire d'une part, et en bouillon additionné de 1/150 de paraaminobenzoate d'autre part. Dans les deux opérations, nous servant chaque fois de la même pipette graduée, nous avons utilisé les mêmes dilutions de pénicilline et toujours pratiqué l'ensemencement avec $0^{cm^3},1$ d'une même culture de colibacilles diluée à 1/10000. Après 18 à 20 heures d'étuve, on observe, dans ces conditions, que l'inhibition du colibacille se fait dans les tubes sans vitamine H à des dilutions relativement fortes (jusqu'à 1/250), alors qu'en présence de paraaminobenzoate, le colibacille est inhibé à des dilutions beacoup plus faibles (jusqu'à 1250). Bien entendu, dans ce dernier cas, le développement du colibacille est abondant dans les tubes témoins contenant 1/150 de vitamine H sans pénicilline.

Quand la concentration de la vitamine H devient trop faible, si par exemple le taux de la dilution atteint 1/500, on constate alors que la pénicilline arrête le développement du colibacille sensiblement aux mêmes concentrations que dans les tubes témoins ne contenant pas de paraaminobenzoate. Avec une dilution de 1/250, l'effet inhibiteur de la pénicilline vis-à-vis du colibacille se manifeste pour des concentrations de pénicilline 2 à 3 fois plus faibles que celles qui sont nécessaires pour produire le même effet en l'absence de vitamine H.

Les résultats obtenus peuvent se résumer comme il suit :

Teneur du bouillon en paraaminobenzoate....	1/150	1/250	1/500	0
Dilution bactériostatique de la pénicilline....	1/1250	1/750	1/250	1/250
Dilution active de la pénicilline exprimée en unités Oxford par cm^3..................	80	133	400	400

La quantité de colibacilles introduite dans l'ensemencement des cultures n'est pas indifférente. C'est ainsi qu'avec des doses massives, $0^{cm^3},1$ d'une culture diluée à 1/100 par exemple au lieu de 1/10000, les résultats deviennent peu nets, et l'action de la vitamine H sur le pouvoir anticolibacillaire de la

pénicilline est masquée, la dilution active de la pénicilline restant dans les deux cas, en présence et en l'absence de la vitamine H, sensiblement la même. Toutefois, avec des cultures diluées à 1/500, l'action de la vitamine H sur le pouvoir antibiotique de la pénicilline pour le colibacille réapparaît déjà avec netteté.

III. Enfin, dans une troisième série d'expériences, nous avons essayé de mettre en évidence l'action de la vitamine H sur le pouvoir antibacillaire de la streptomycine. Comme dans les déterminations précédentes, nous avons titré une solution de streptomycine en bouillon de viande peptoné- d'une part, et en bouillon contenant 1/150 de paraaminobenzoate, d'autre part, utilisant dans les deux cas les mêmes dilutions, l'ensemencement de chaque tube étant effectué avec $0^{cm^3},1$ d'une culture de colibacilles diluée à 1/10000. On observe, dans ces conditions, qu'en présence de vitamine H le pouvoir bactériostatique de la streptomycine vis-à-vis du colibacille s'obtient avec des dilutions 2 à 3 fois plus élevées qu'avec les bouillons témoins sans vitamine H. Ainsi, en présence de 1/150 de paraaminobenzoate de sodium, le titrage donne 2 ou 3 fois plus d'unités S que la solution de streptomycine n'en contient réellement; nous avons trouvé :

Streptomycine titrée en bouillon ordinaire : 30000 U.S.

Streptomycine titrée en bouilon additionné de 1/150 de paraaminobenzoate : 60000 à 90000 U.S.

Conclusions. — L'acide paraaminobenzoïque (vitamine H), utilisé sous la forme de son sel sodique, exerce *in vitro* et à des dilutions convenables une action antibiotique certaine sur le colibacille.

Ajouté en quantité satisfaisante, l'acide paraaminobenzoïque renforce en outre sensiblement le pouvoir bactériostatique de la pénicilline et de la streptomycine sur le colibacille (2 à 4 fois selon les conditions expérimentales.)

Ces résultats confirment la synergie pénicilline-vitamine H mise en évidence par Lecoq, Chauchard et Mazoué et justifient l'emploi fait par Lecoq et ses collaborateurs d'une solution de paraaminobenzoate comme solvant de la pénicilline dans le traitement des colibacilloses.

Ils établissent, en outre, l'existence d'une synergie acide paraaminobenzoïque-streptomycine qui, elle aussi, peut être utilisée dans la pratique médicale.

MICROBIOLOGIE. — *Acclimatation des microbes aux arséniates.*

Note (¹) de M. **Frédéric Diénert**, présentée par M. Maurice Javillier.

Acclimater un microbe à un antiseptique, c'est lui mettre une étiquette pour le suivre dans un milieu où il peut être mélangé à des microbes de même espèce mais de provenance différente. On sait depuis longtemps acclimater

(¹) Séance du 10 décembre 1947.

des microbes ou des levures à certains antiseptiques comme les fluorures, l'acide sulfureux et même aux arséniates. On prétend que pour ces derniers l'acclimatation a pour résultat une augmentation du pouvoir réducteur du microbe qui dégage de l'hydrogène sulfuré et se défend en transformant les arséniates en sulfure d'arsenic.

Quel que soit le mécanisme de cette acclimatation, on arrive facilement à acclimater certains microbes, comme le *B. coli*, à 10 % d'arséniate de potassium.

En réalité l'arséniate de potassium ne tue pas le *B. coli* non acclimaté, mais empêche sa multiplication puisque le microbe se développe si on le transporte dans un milieu non arséniaté. Peu à peu cependant une culture de *B. coli* abandonné dans un milieu à 10 % d'arséniate arrive à se désacclimater progressivement à l'arséniate et 2 ou 3 mois après, en bouillon de peptone, le microbe n'est pas tué, mais ne peut pousser dans un bouillon contenant 1 % d'arséniate. Mis en suspension dans l'eau, le microbe acclimaté se désacclimate comme s'il était resté en bouillon arséniaté. L'acclimatation persiste plus de 8 mois si le microbe est cultivé sur gélose contenant 10 % d'arséniate.

Cependant certains germes n'avaient pu être jusqu'ici acclimatés aux arséniates, tels sont le *b.* d'Eberth et le paratyphique B, tandis que le paratyphique A se comporte comme le *B. coli*.

Le *b.* d'Eberth et le paratyphique B ne commencent à s'acclimater à 0,50 % d'arséniate que si le milieu renferme au moins 3 % de phosphate de potassium. Chaque jour on fait des repiquages en ajoutant chaque fois 0,50 % d'arséniate au milieu à ensemencer jusqu'à ce qu'on parvienne à 2 % d'arséniate. Au-dessus de cette dose, on constate un ralentissement de l'acclimatation, mais, si l'on supprime le phosphate du milieu de culture, le microbe s'acclimate à nouveau très facilement. Le phosphate a donc été l'excitateur de la mise en route de la réaction de la cellule microbienne. Il devient plutôt nuisible par la suite, car il ralentit très sensiblement la vitesse d'acclimatation jusqu'à 10 % d'arséniate (25 jours au lieu de 8 jours) et en présence du phosphate la désacclimatation est extrêmement rapide (environ 10 à 15 jours). L'influence des phosphates agissant comme stimulant temporaire d'une réaction biologique est intéressante à signaler, car elle montre la complexité des phénomènes d'adaptation de la cellule.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}45^m.

A. Lx.

FIN DU TOME DEUX-CENT-VINGT-CINQUIÈME.

ERRATA.

—

(Séance du 15 septembre 1947.)

Note de M. *Aryeh Dvoretzky*, Les coefficients d'une fonction univalente et le domaine étalé :

Page 448, ligne 7 du haut, formule 3, *au lieu de* O, *lire* o;
» » » 17 du bas, » III, » O(1), *lire* o(1);
» » » 14 » , » I' » O, *lire* o (deux fois).

Note de M. *Aryeh Dvoretzky*, Sur les suites d'exposants à densité supérieure finie :

Page 482, ligne 14 du haut, formule 3, *au lieu de* D^*, *lire* $\overline{D}^*$ (deux fois).

Note de MM. *Aryeh Dvoretzky* et *Hanani Chojnacki*, Sur les changements des signes des termes d'une série à termes complexes :

Page 516, noms des Auteurs, *au lieu de* Arye Dvoretzky, *lire* Aryeh Dvoretzky, et *au lieu de* Hanani Chojnacki, *lire* Chaim Hanani (Chojnacki).
Page 517, Note (4), au bas de la page, *au lieu de* Cf. (2), *lire* Cf. (3).

(Séance du 20 octobre 1947.)

Note de M. *Paul Fleury* et Mlle *Jacqueline Jolly*, Sur le comportement des chloraloses α et β vis-à-vis de l'acide periodique et sur la constitution de ces composés :

Page 689, 2e formule, *au lieu de* Shown, *lire* Coles, Goodhue, Hixon, auteurs qui ont également proposé la 5e formule pour expliquer certaines réactions anormales du chloralose.

Page 690, 18e ligne, *au lieu de* si l'on adopte la formule de Shown, *lire* si l'on adopte la formule de Coles, Goodhue et Hixon, utilisée par Shown.

(Séance du 24 novembre 1947.)

Note de M. *André Charrueau*, Sur des congruences de droites ou de courbes déduites d'une surface quelconque :

Page 1057, ligne 6, *au lieu de* D_1, *lire* D_I;
» » , » 22, *au lieu de* ellipse, *lire* circonférence.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant les années 1945, 1946 et 1947.

L'Académie des sciences exprime ses remercîments aux Établissements qui lui ont envoyé leurs Publications.

La cote qui suit le titre de chaque périodique est celle de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris* [1]; les cotes du supplément I de cet inventaire portent un indice en chiffres, celles du supplément II, un indice en lettres.

Le titre des périodiques nouvellement créés est inscrit en caractères gras.

EUROPE.

France.

Angers. — Facultés catholiques de l'Ouest : *Bulletin.*

— Université catholique de l'Ouest : **Recherches et travaux.**

Avignon. — *Cahiers de pratique médico-chirurgicale*, C 3².

Besançon. — *Annales françaises de chronométrie*, A 1096ᴬ.

Bordeaux. — Société des sciences physiques et naturelles : *Procès-verbaux des séances*, P 642.

Chauny (Aisne). — Secteur électrique de la vallée de l'Oise : *Assemblée générale ordinaire.*

Clermont-Ferrand. — Société de physique biologique de France : *Archives de physique biologique; Comptes rendus des séances*, A 2142.

Clichy. — Établissements Debray : *Assemblée générale des actionnaires.*

Le Mans. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin*, B 1735.

Lyon. — Compagnie de produits chimiques et et électrométallurgiques Alais, Froges et Camargue : *Assemblées générales ordinaires et extraordinaires.*

— Société d'exploitations et d'intérêts chimiques et métallurgiques : *Assemblée générale ordinaire.*

— Société lyonnaise des forces motrices du Rhône : *Rapport à l'Assemblée générale ordinaire annelle.*

— *Diagnostics et traitements.*

— *Pédiatrie. Revue mensuelle de médecine et de chirugie infantile, de puériculture et d'hygiène*, P 94.

— *Revue médico-chirurgicale des maladies du foie, pancréas-rate*, R 1450ᴬ.

---

[1] Paris, Masson, 1924-1925; 4 fasc. et 2 suppléments (1929-1939), 23ᶜᵐ.

MARSEILLE. — Association des porteurs d'actions et d'obligations de l'Industrie électrique : *Bulletin*.
— Association des travailleurs scientifiques : *Bulletin*.
— Compagnie française de l'Afrique occidentale : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires*.
— Corps de santé colonial : *Médecine tropicale*.
— Faculté des sciences : *Annales*, A 310.
— Musée colonial : *Annales*, A 865.
— *Journal des observateurs*, J 607.
— *Marseille médical*, U 46.

MULHOUSE. — Société industrielle : *Bulletin*, B 1634.

NANCY. — École nationale des eaux et forêts et Station de recherches et expériences forestières : *Annales*, A 854[1].

NOGENT-SUR-MARNE. — Ministère des Colonies. Direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : L'agronomie tropicale; *Travaux de la Section technique d'agriculture tropicale*.

PARC-SAINT-MAUR. — Institut de physique du globe. Observatoire géophysique du Parc-Saint-Maur : *Bulletin séismique*, I 240[A].

PARIS. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, B 1861.
— Académie de médecine : *Bulletin*, B 894.
— Académie de pharmacie : *Annales pharmaceutiques françaises*.
— Académie des sciences : *Annuaire*, I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, C 758; *Mémoires*, H 69.
— Agence France-Presse : *Information et documentation*.
— Agence Havas : *Assemblée générale ordinaire*.
— Air liquide : *Assemblée générale ordinaire*.
— Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures : *Bulletin*, B 914; *Communications*.
— Association française pour l'avancement des sciences : [*Publications*].
— Ateliers de construction du nord de la France : *Rapport du Conseil d'administration et de la Commision de contrôle*.
— Banque de France : *Assemblée générale des actionnaires*, B 14[2].
— Banque de l'Algérie : *Assemblée générale ordinaire; Compte rendu de l'exercice*.
— Banque franco-polonaise : *Assemblée générale ordinaire*.
— Banque de Paris et des Pays-Bas : *Assemblée générale ordinaire*.
— Banque des Pays de l'Europe centrale : *Assemblées générale et spéciale des actionnaires; Assemblée des porteurs de parts; Assemblée générale ordinaire*.
— Banque ottomane : *Rapport présenté à l'Assemblée générale des actionnaires*.
— Bon marché (Au) : *Assemblées générales*.
— Bureau des Longitudes : *Annuaire*, A 1370; *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs*, C 921; *Éphémérides nautiques ou extraits de la Connaissance des temps*, C 921.
— Bureau d'études géologiques et minières coloniales : *La chronique des mines coloniales*, C 378[A].
— Centre de recherches et d'études pédagogiques : *Abeona, Cahiers du centre de recherches*,
— Centre national de la Recherche scientifique : *Bulletin analytique*.

— Id. Service de recherches d'astrophysique : *Annales d'astrophysique.*
— Chambre de commerce belge : *Bulletin officiel.*
— Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'électricité : *Revue générale de l'Électricité*, L 183.
— Comité national de l'organisation française : *Revue mensuelle*, B 1982[A].
— Compagnie bourguignonne de transport d'énergie : *Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie d'assurances générales (accidents, vols maritimes, risques divers) : *Compte rendu de l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Id. (incendie et explosions) : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Id. (vie) : *Comptes rendus à l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Compagnie de Fives-Lille : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest : *Rapport du Conseil de liquidation et de la Commission de contrôle des comptes de l'Assemblée générale ordinaire et extraordinaire des actionnaires.*
— Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée : *Assemblée générale ordinaire; Rapport du Conseil d'administration.*
— Compagnie des Chemins de fer du Midi : *Rapport du Conseil d'administration*, R 71.
— Compagnie des eaux et d'électricité de l'Indochine : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Compagnie des minerais de fer magnétique de Mokta el Hadid : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Compagnie des Mines d'Aniche : *Assemblée générale des actionnaires.*
— Compagnie des Mines d'Anzin : *Compte rendu de l'Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie des Mines de Bruay : *Rapport aux actionnaires.*
— Compagnie des Mines de houille de Courrières : *Rapport du Conseil d'administration.*
— Compagnie des Mines de houille de Marles : *Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie des Mines d'Ostricourt : *Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine : *Assemblées générales extraordinaire et ordinaire.*
— Compagnie du Soleil : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orléans : *Rapports du Conseil d'administration et de la Commission de vérification des comptes*, R 57.
— Compagnie française de matériel de chemin de fer : *Assemblée générale de vérification de souscription et de versement; Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Compagnie française des câbles télégraphiques : *Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie française des chemins de fer de la province de Santa-Fé : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Compagnie française des métaux : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Compagnie française de tramways et d'éclairage électriques de Shanghaï : *Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie générale d'assurances contre les accidents, l'incendie et les risques divers : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires.*
— Compagnie générale d'entreprise automobiles : *Rapports présentés à l'Assemblée générale ordinaire.*
— Compagnie générale des omnibus de Paris : *Rapports du Conseil d'administration et des Commissaires; Assemblée générale extraordinaire.*

— Compagnie générale de télégraphie sans fil : *Assemblée générale ordinaire annuelle.*
— Compagnie générale du gaz pour la France et l'étranger : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Comptoir central de crédit à Paris : *Rapport du Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire.*
— Comptoir national d'escompte de Paris : *Rapport présenté par le Conseil d'administration.*
— Congrès national de l'aviation française. Application de l'aviation à la recherche scientifique : *Rapport.*
— Conservatoire national des arts et métiers. Laboratoire d'essai : *Bulletin*, B 2001 ; *Publications.*
— Crédit foncier d'Algérie et de Tunisie : *Assemblée générale ordinaire.*
— Crédit foncier de l'Indochine : *Assemblée générale ordinaire.*
— Crédit Lyonnais : *Rapport du Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire.*
— Docks rémois : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Électricité de la Seine : *Assemblée générale ordinaire.*
— Énergie électrique du littoral méditerranéen : *Assemblée générale ordinaire.*
— Établissements Debray : *Assemblée générale des actionnaires.*
— Établissements G. Leroy : *Assemblée générale ordinaire.*
— Établissements Hutchinson : *Assemblée générale ordinaire.*
— Établissements Julien Damoy : *Rapport du Conseil d'administration.*
— Établissements Kuhlmann : *Assemblée générale ordinaire.*
— Fédération nationale de la presse française : **La presse française.**
— Fédération nationale des syndicats d'ingénieurs et de cadres supérieurs : *Circulaire d'information.*
— Fichet, Beau et Cie : *Assemblée générale ordinaire.*
— Fly Tox (le) : *Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Foncière (la), Compagnie d'assurances contre l'incendie : *Assemblée générale ordinaire.*
— Id. Compagnie d'assurances sur la vie : *Assemblée générale ordinaire.*
— Foncière-Transports (la) : *assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Gaveau et Cie : *Assemblée générale des actionnaires.*
— Givet-Izieux : *Assemblées générales ordinaire, extraordinaire et des porteurs.*
— Gouvernement provisoire de la République française : *Bulletin d'information et de documentation.*
— Imprimerie Chaix : *Assemblées générales des actionnaires.*
— Institut de physique du globe. Observatoire géophysique : *Voir* PARC-SAINT-MAUR.
— Institut d'astrophysique : *Contributions.*
— Institut de recherches du coton et des textiles exotiques : *Coton et fibres tropicales.*
— Institut des actuaires français : *Bulletin trimestriel*, B 1014.
— Institut Henri Poincaré : *Annales*, A 870A
— Institut océanographique : *Annales*, 873.
— Institut Pasteur : *Annales*, A 874.
— La Brosse et J. Dupont réunis : *Assemblée générale ordinaire.*
— Laboratoire du bâtiment et des travaux publics : *Compte rendu des recherches effectuées en...*

— Ligue française contre le cancer : *La lutte contre le cancer.*
— Louvroil-Montbard-Aulnoye : *Assemblée générale ordinaire.*
— Manufacture des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey : *Assemblées générales.*
— Métal déployé : *Assemblée générale ordinaire.*
— Mines de Kali Sainte-Thérèse : *Assemblée générale ordinaire.*
— Ministère de la production industrielle et du travail. Direction de la propriété industrielle : *Bulletin officiel de la propriété industrielle*, C 98.
— Ministère de l'agriculture. Caisse nationale de Crédit agricole : *Rapport sur l'activité du crédit agricole mutuel pendant l'année...*
— Ministère des colonies. Direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : *Voir* NOGENT-SUR-MARNE.
— Id. Office de la recherche scientifique coloniale : *Rapport d'activité.*
Observatoire de Paris : *Bulletin astronomique*, B 854.
— Office international d'hygiène publique : *Bulletin mensuel*, B 1042.
— Préfecture de la Seine. Statistique départementale et communale : *Annuaire statistique de la Ville de Paris*, A 1618.
— Préfecture de police. Direction de l'hygiène, de la protection de l'enfance et du travail : *Rapport sur les opérations du service d'inspection des établissements classés dans le département de la Seine*, R 111 *bis.*
— Presses universitaires de France : *Assemblée générale; Bulletin trimestriel; Moisson de l'esprit.*
Raffinerie François : *Rapport du conseil d'administration.*
— Services américains d'information : *Publications.*
— Id. Section de presse : *Le document de la semaine.*
— Service de santé de l'air : La médecine aéronautique.
Service hydrographique de la Marine. Section de documentation [*Publications*].
— Société anonyme de l'annuaire du commerce Didot Bottin : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Société anonyme des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société anonyme des mines de houille de Blanzy : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société anonyme des mines et fonderies de Pontgibaud : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société anonyme des transports automobiles industriels et commerciaux : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société astronomique de France : *L'Astronomie*, A 2471 ; *Circulaire.*
— Société civile des propriétaires de parts de la Société des mines et usines de Salsigne : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société de biologie : *Comptes rendus des séances*, C 675.
— Société de chimie industrielle : *Chimie et Industrie*, C 342.
— Société de chimie physique : *Journal de chimie physique*, J 368.
— Société de géographie : *Annales de géographie*, A 837 ; *La Géographie*, C 233.
Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Conférences* [*Publications*].
— Société de pathologie exotique et de ses filiales : *Bulletin*, B 1488.
— Société de physique biologique de France : *Voir* CLERMONT-FERRAND.
— Société des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers : *Ingénieurs arts et métiers*, A 1400 et B 2506.

— Société des ciments français : *Compte rendu des Assemblées générales extraordinaires des actionnaires.*
— Société des ingénieurs civils de France : *Bulletin*, B 1537 ; *Mémoires*, M 583.
— Société des ingénieurs professionnels de France : *La technique appliquée.*
— Société des phosphates tunisiens et des engrais et produits chimiques : *Assemblées générales ordinaires et extraordinaires.*
— Société des usines chimiques Rhône-Poulenc : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société d'optique et de mécanique de haute précision : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société du Louvre : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société foncière du Paraguay : *Assemblée générale ordinaire et extraordinaire.*
— Société française de photographie et de cinématographie : *Photographie et cinématographie* (*Bulletin*), B 1608.
— Société française de Reports et Dépôts : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société française des distilleries de l'Indochine : *Assemblée générale annuelle des actionnaires.*
— Société française des électriciens : *Bulletin*, B 1644.
— Société française des ingénieurs techniciens du vide : **Le vide technique. Applications.**
— Société française de sucreries au Chili : *Assemblée générale annuelle des actionnaires.*
— Société franco-hellénique d'exploitation du port de Salonique : *Assemblée générale ordinaire.*
Société générale de constructions électriques et mécaniques Als-Thom : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société générale de crédit industriel et commercial : *Assemblée générale des actionnaires.*
— Société générale des cirages français : *Rapports du Conseil d'administration et des commissaires.*
— Société générale des compteurs de voitures (taximètres) : *Rapports du Conseil d'administration et du Commissaire aux comptes à l'Assemblée générale ordinaire annuelle.*
— Société géologique de France : *Bibliographie des sciences géologiques*, B 245[1] ; *Bulletin*, B 1619 ; *Compte rendu sommaire des séances*, C 767 ; *Mémoires*, M 535.
— Société havraise d'énergie électrique : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société industrielle des transports automobiles « Sita » : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société mathématique de France : *Bulletin*, B 1658.
— Société nantaise d'électricité : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société nouvelle des charbonnages des Bouches-du-Rhône : *Assemblée générale.*
— Société nouvelle des glacières de Paris : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société Saint-Quentinoise d'éclairage et de chauffage : *Assemblée générale ordinaire.*
— Société Saint-Raphaël : *Assemblées générales extraordinaire et ordinaire.*
— Société de pharmacie de Paris et de province : *Annales pharmaceutiques françaises.*
— Syndicat national des cadres des contributions directes et du cadastre : *Bulletin.*
— Textiles artificiels du Sud-Est : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*
— Tréfileries et Laminoirs du Havre : *Assemblées générales ordinaire et extraordinaire.*

— Union. Compagnie d'assurances contre l'incendie, les accidents et risques divers : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires,*
— Union d'électricité : *Assemblée générale ordinaire.*
— Union européenne industrielle et financière : *Assemblée générale ordinaire.*
— Union nationale des intellectuels : *Bulletin.*
— Union sociale d'ingénieurs catholiques : *Écho* (*Documents et informations*), E 18.
— Union technique des syndicats de l'Électricité : *Voir* Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'Électricité.
Urbaine (L'). Compagnie d'assurances contre l'incendie : *Comptes rendus des opérations à l'Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— Urbaine et la Seine (L') : *Compte rendu des opérations de la Compagnie à l'Assemblée générale ordinaire des actionnaires.*
— *Annales de chimie*, A 832.
— *Annales de géographie*, A 837.
— **Annales de géophysique.**
— *Annales de physique*, A 832.
— *Annales des épiphyties*, A 1090.
— *Annales des ponts et chaussées*, A 1473.
— *Anthropologie* (*L'*), M 129.
— *Archives de médecine et de pharmacie navales*, A 2134.
— *Bulletin critique du livre français.*
— *Bulletin d'information de la B. Q. X.-thérapie.*
— *Bulletin des sciences mathématiques*, B 1843.
— *Économie* (*L'*) (supplément).
— **Intermédiaire des recherches mathématiques.**
— *Journal de mathématiques pures et appliquées*, J 467.
— *Mémorial de l'artillerie française*, M 677 *bis.*
— *Nature* (*La*), N 52.
— **Oléagineux. Revue mensuelle des matières grasses.**
— *Presse française* (*La*).
— **Presse médicale** (**La**), P 459.
— *Progrès médical* (*Le*), P 684.
— *République* (*La*) *moderne.*
— **Revue de médecine vavale.**
— *Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale*, R 1166.
— *Revue des questions de défense nationale.*
— *Revue des ingénieurs hydrauliciens. La houille blanche*, H 133.
— *Revue générale des sciences pures et appliquées*, R 1362.
— *Revue scientifique illustrée*, R 1216.
— *Technique* (*La*) *moderne*, T 50.

Saint-Étienne. — Société de l'industrie minérale : *Revue de l'industrie minérale*, R 1123.

Saint-Quentin. — Société anonyme pour l'exploitation de l'Usine Cliff : *Assemblée générale ordinaire.*

Strasbourg. — Union géodésique et géophysique internationale. Association de séismologie : *Publications du Bureau central séismologique international.*
— Université. Faculté des sciences : *Annales de l'Institut de physique du globe.*
— Id. Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine : *Mémoires*, A 63.

TOULOUSE. — Faculté des sciences : *Annales*, A 909.
— Observatoire astronomique et météorologique : *Annales*, A 891.

TROYES. — Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube : *Mémoires*, M 575.

Autriche.

WIEN. — Akademie der Wissenschaften : *Denkschriften*, D 38.

Belgique.

BRUXELLES. — Académie royale de Belgique. Classe des sciences : *Bulletin*, B 895; *Mémoires*, M 450.
— Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin*, B 899; *Mémoires*, M 440.
— Musée royal d'histoire naturelle de Belgique : *Bulletin*, B 2016; *Mémoires*, M 576.
— Société belge de géologie : *Bulletin*, B 1178.
— Société royale zoologique : *Annales*, A 988.
— Union radioscientifique internationale : *Recueil des travaux de l'Assemblée générale*.
— Uuiversité. Institut zoologique Torley-Rousseau : *Recueil*, R 208[1].

LIÉGE. — Association des ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore : *Bulletin scientifique*, B936.
— Société géologique de Belgique : *Bulletin; Mémoires*, M 534.
— Société royale des sciences : *Bulletin*, B 1738[A].
— Université, Institut de botanique : *Archives*, A 2116.

LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101; *Revue des questions scientifiques*, R 1252.

UCCLE. — Observatoire royal de Belgique : *Annales*, A 884; *Annuaire*, A 1315; *Bulletin astronomique*, B 852[A]; *Bulletin séismique*, B 2490.

Bulgarie.

SOFIA. — Bibliothèque nationale; *Bibliographie bulgare; Nouvelles publications périodiques; Livres et nouveaux périodiques édités*.
— Central agricultural Research and control Institute : *Scientific Publications*.
— Chambre de culture nationale : *Bulletin*.
— Université. Faculté de médecine : *Annuaire*.

Danemark.

COBENHAVN (KOPENHAGUE). — Geodaetisk Institut : *Rulletin of the seismological station*, S 2403[1B]; *Meddelelse*, G 219[B]; *Skrifter* (*Mémoires*).
— Kgl. Danske Videnskabernes-Selskabs (Académie royale des sciences et des lettres) : *Biologiske Skrifter*, S 372; *Biologiske Meddelelser*, K 58[1]; *Matematisk-fysiske Meddelser*, K 59; *Oversigt* (*Bulletin*), O 279.
— University. Zoological Museum : *The Danish Ingolf-Expedition*.

Espagne.

BARCELONE. — Institut d'estudis catalans : *XVII[e] Cartell de premis.*

— Real Academia de ciencias y artes : *Boletim*, B 434; *Memorias*, M 693.

MADRID. — Direccion general de sanidad : *Revista de sanidad e higiene publica.*

— Institutos nacionales de fisica y quimica y la Real Sociedad española de fisica y quimica : *Anales de fisica y quimica*, A 689.

— Observatorio astronomico : *Anuario*, A 1908.

— Real sociedad española de fisica y quimica : Voir : Institutos nacionales de fisica.

— Real sociedad española de historia natural : *Boletin*, A 691.

Finlande.

HÉLSINGFORS. — Havsforskinstitutets (Merentutkimuslaitoksen) : *Skrift* (*Julkaisu*), M 735[1]

— Isostatic Institute of the International Association of Geodesy : *Publications.*

— Societas geographica fenniæ : *Acta geographica*, A 119[3]; *Fennia*, F 32.

— Societas scientarium fennica (Finska Vetenskaps Societeten) : *Acta*, A 139; *Arsbock* S 395[1]; *Bidrag till Kännedom af Finlands natur och Folk*, B 318; *Commentationes physico-mathematicae*, C 573 *bis.*

— Suomalainen Tiedeakatemia (Academia Scientiarum fennicæ) : *Annales*, S 750; *F. F. Communications*; *Index operum.*

— Suomen geologinen Toimikunta : *Bulletin de la Commission géologique de Finlande*, B. 1093 *bis; Suomen geologinen yleiskartta.*

— Vereins für finnische Volkskunde : *Mitteilungen.*

— *Annales medecinae experimentalis et biologiae fenniae.*

Grande-Bretagne.

BATH. — Nautical almanac Office : *The nautical almanac and astronomical ephemeris* N 73; *Tables for the depression and azymuth of the Sun.*

BRISTOL. — University. Agricultural and Horticultural Research Station : *The annua, Report.*

CAMBRIDGE. — Philosophical Society : *Biological Review*, P 536[1]; *Proceedings* P 536.

— Solar physics Observatory : *Annals*, A 1207.

— Union géodésique et géophysique internationale : *Report of the Union.*

— University : *Annual Report of the Observatories Syndicate.*

EDINBURGH. — Geological Society. *Transactions*, T 306.

— Royal Society : *Proceedings*. P 602.; *Transactions*, T 402; *Year Book.*

GLASCOW. — Royal philosophical Society : *Proceedings*, P 589.

GREENWICH. — Royal Observatory : *Report of the Astronomer-Royal to the Board of visitors*, R 429.

HARPENDEN. — Rothamsted experimental Station : *Report for the years*, B 507[1A].

LONDON. — British aluminium Company : *Light metal Research; Light metals Review.*

— British Council : British medical Bulletin; Bulletin médical britannique (*édition française*) ; *Monthly Science News.*

— British interplanetary Society : *Annual Report and List of members; Bulletin Journal.*

— British scientific Instrument Research Association : *Bulletin.*
— Bureau of Abstracts : *British Abstracts.*
— Challengeur Society : Occasional papers,
— Chemical Society : *Journal*, M 601.
— Colonial Office. Discovery Committee : *Discovery Reports*, D 222[A].
— Geological Society : *Abstracts of the Proceedings; List*, L 112[1]; *Quaterly Journal*, Q 11.
— Institution of mechanical Engineers : *Applied mechanics; Journal*, J. 818[4]; *Proceedings*, P 560.
— International Council of scientific Unions : *Monthly Bulletin of information.*
— Linnean Society : *Journal* (*Botany, Zoology*), J 838; *Proceedings*, P 565.
— Meteorological Office : *Monthly Weather Report*, M 781.
— Ray Society : *Publications.*
— Royal astronomical Society : *Geophysical supplement; Memoirs*, M 608; *Monthly Notices*, M 1256; *Occasional Notes.*
— Royal geographical Society : *Geographical Journal*, C 231.
— Royal Institution of Great Britain : *Proceedings*, N 258.
— Royal Society : *Notes and Records; Obituary Notices of Fellows*, O 0[1]; *Philosophical Transactions*, P 225; *Proceedings*, A 72; *Record; Year Book*, Y 20.
— Royal Society of Medicine : *Proceedings*, P. 603.
— Stationary Office : *The nautical Almanac and astronomical Ephemeris*, N 73.
— *British medical Bulletin.*
— *Electrical Review*, T 76.
— *Endeavour.*
— *Nature*, N 51.

Manchester. — Literary and philosophical Society : *Memoirs and Proceedings*, M 627.

Hongrie.

Budapest. — Université. Institut de systématique de zoologie : *Fragmenta faunistica hungarica.*

Irlande.

Dublin. — Royal Dublin Society : *The Economic Proceedings*, E 113; *The scientific Proceedings*, J 845.
— Royal Irish Academy : *Minutes of Proceedings; Proceedings*, P 600.

Islande.

Reykiavik. — Societas scientiarum islandica : *Greinar* [*Publications*], S 395[3B].

Italie.

Asso. — *Scienta*, R 1665.

Bologne. — *Bolletino della Unione matematica italiana*, B 625[A].

Brescia. — *La nuova Notarisie. Revista di Algologia.*

CITTA DEL VATICANO. — Specola astronomica Vaticana : **Ricerche Astronomiche** (Publicazione minori).

FERRARE. — Accademia delle Scienze : *Atti*, M 704.

FIRENZE. — Istituto geografico militare : *l'Universo*, U 202.

MILANO. — R. Politecnico. Istituto di geodesia, topografia e fotogrametria : *Pubblicazioni.*

MODENA. — Reale accademia di scienze, lettere ed arti : *Atti e Memorie*, M 710.

NAPOLI. — Societa italiana di Biologia sperimentale : *Bolletino*, 618[1].

PADOVA. — R. Universita. *Rendiconti del Seminario matematico*, R 329[B].

PAVIE. — Universita. Istituto de chimica farmaceutica : *Il farmaco. Scienza e tecnica.*

PISE. — Facolta d'Ingegneria : *Pubblicazioni*, R 177 *bis*[1].
— R. Scuola normale superiore : *Annali*, A 1143.

PISTOIA. — Accademia medica pistoiense « Filippo Pacini » : *Bollettino.*

ROMA. — Association internationale de la presse médicale : *Bulletin bibliographique.*
— Consiglio nazionale delle Ricerche : *Ricerca scientifica e ricostruzione*, B 567[A].
— Food and agriculture organization of the United Nations : **Alimentation et agriculture; Bulletin européen de la F. A. O.**
— Institut international d'agriculture : *Revue internationale d'agriculture*, B 1902.
— Istituto superiore di Sanita : *Rendiconti.*
— Ministero dell' agricoltura e delle foreste : Direzione generale della produzione agricola : *Annali delle sperimentazione agraria*, A 1448[A].
— Reale Accademia d'Italia. Centro studi par l'Africa orientale italiana [*Pubblicazione*].
— Societa italiana delle scienze detta dei XL : *Memorie*, M 717.

TORINO. — Reale Accademia delle scienze : *Atti*, A 2547; *Memorie*, M 949.

TRIESTE. — Istituto geofisico : *Publicazioni.*
— *Tecnica italiana.*

VENEZIA. — Istituto veneto di scienze, lettere ed arti : *Atti*, A 2571.

Luxembourg.

LUXEMBOURG. — Institut grand ducal : *Archives*, S 484.

Monaco.

MONACO. — Amis (Les) du musée océanographique : *Bulletin trimestriel.*
— Institut océanographique : *Bulletin*, B 2015.
— Musée océanographique : *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, Prince souverain de Monaco.*

Norvège.

BERGEN. — Chr. Michelsens Institut for Videnskap og Åndsfrihet : *Beretnninger.*
— Museum : *Årbok*, B 118 *bis*; *Årsberetning*, B 118 *bis*; *Skrifter*, B 119.

OSLO. — Magnetiske Byra et Norges Sjokartwerk : *Jordmagnetiske Publikasjoner.*
— Norske videnskaps-Akademi : *Astrophysica Norvegica*, A 2490[1A]; *Geofysiske Publikasjoner*, G 221 *bis.*
— Norwegische meteorologische Institut : *Jahrbuch*, N 214.

Pays-Bas.

AMSTERDAM. — Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen : *Jaarboek; Proceedings; Proceedings of the Section of Sciences*, K 81; *Verhandelingen*, V 25.

— Office international pour la protection de la nature : *Report of the years*.

— Wiskundig Genootschap : *Nieuw archief voor Wiskunde; Wiskundige op gaven met de oploosingen*.

— **Excerpta medica (Endocrinology; Surgery).**

GRONINGEN. — Kapteyn astronomical Laboratory : *Publications*.

HAARLEM. — Musée Teyler : *Archives*, A 2162.

— Société hollandaise des sciences : *Archives néerlandaises de phonétique expérimentales*, A 2184^{A}; *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles*, A 2185.

— Société néerlandaise de zoologie; *Archives néerlandaises de zoologie*, A 2184^{B}.

— Teyler's godgeleerd Genoptschap : *Verhandelingen rakende den natuurlijken en geopenbaar den Godsdienst*.

— Teyler's Tweede Genootschap : *Verhandelingen*.

LEIDEN. — Sterrewacht : *Annales*.

— University. Astronomical Institute : *Publications*.

— Id. Kamerlingh Onnes Laboratory : *Communications*, C 606.

S GRAVENHAGE. — Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut : *Ergebnisse aerologische Beobachtung*, E 333; *Jaarboek*, M 816; *Magnetische Waarnemingen; Mededeelingen en Verhandelingen; Seismic Records at de Bilt*, S 272.

— *Physica*, P 304^{B}.

Pologne.

CRACOVIE. — Académie polonaise des sciences et des lettres : *Biblijoteka Pisarzow Polskich; Bulletin international*, B 2196; *Prace Komisii jezykowej*, M 127; *Rocznik*, R 1706; *Starunia*, P 345^{C}.

— Société polonaise de mathématiques : *Annales*, A 997^{1}.

KATOWICE. — Centralny zarzad przemyslu hutniczego : *Hutnik*.

POZNAN. — Société des amis des sciences : *Bulletin*, B 1526^{A}; *Prace komisji matematyczno-przyrodniczej; Prace monograficzne; Sprawozdania*.

PULAWY. — Institut national polonais d'économie rurale : *Biblioteka pulawska; Pamietnik* (*Mémoires*), P 27^{1}.

WARSZAWA. — Institut d'astronomie pratique de l'École polytechnique : *Publications*, Z 5^{A}.

— Service hydrologique : **Bulletin**, P 31^{B}.

Portugal.

COIMBRA. — *Noticias farmaceuticas*, N 259^{A}.

LISBOA. — Biblioteca da Sociedad farmacêutica lusitana : *Catalogo geral* (*omnomastico*).

— Faculdade de ciênsias : *Portngaliae mathematica;* **Portugaliae physica**.

— Instituto bacteriologico Camara Pestana : *Arquivos*, A 2118.

— Universidade. Museu e laboratorio mineralogico e geologico : *Boletim*, B 406 *bis*^{A}.

PORTO. — Associacão da Filosofia natural : *Boletim*.

SETUBAL. — *A Previsão do tempo*.

Roumanie.

Bucuresti (Bucarest). — Académie roumaine : *Bulletin de la Section scientifique*, B 1147.
— Societati « Gazeta matematica » : *Gazeta matematica*, G 56.
Jassy. — École polytechnique : **Bulletin**.
— Université : *Annales scientifiques*, A 1121.

Suède.

Göteborg. — Chalmers tekniska Högskolas : *Handlingar*.
— Kungl-Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Bihang*, B 330[A]; *Handlingar*, B 374.
Stockholm. — Fondation Nobel : *Les prix Nobel*, P 483.
— International Botaniska Kongressen : *Circulaire*.
— K. Svenska Vetenskaps Akademiens : *Arkiv för Botanik*, B 331; *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologie*, B 331; *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, B 331; *Arkiv för Zoologi*, B 331; *Årsbok*, K 67; *Bilaga; Handlingar*, S 775; *Skrifter*, K 67[1].
— Observatorium : *Annaler* (*Astronomiska iakttagelser och undersökningar à Stockholms observatorium*), A 2490.
— Sveriges geologiska undersökning : *Årsbok*, S 776 *bis*; *Arsberättelse; Avhandlingar och uppsater; Kartblad*.
— *Acta mathematica*, A 126.
— *Acta zoologica*, A 142.
— *Naturwissenschaftliche Untersuchungen des Sarekgebirges in Schwedisch-Lappland*, N 65.
Uppsala. — Regiæ Societatis Scientiarum Uppsaliensi (Kungl. Vetenskaps-Societeten) : *Årsbok*, A 2324; *Nova acta*, A 125.
— Université. Anatomische Institut : *Läkareförenings Förhandlingar*, U 212.
— Id. Geological Institution : *Bulletin*, B 2364.
— Id. Meteorologiska Institutionen : *Meddelande*, M 174.
— Id. Observatoire : *Bulletin mensuel*, B 2318; *Meddelande*, M 161[1A]; *Observations séismographiques*, O 81.
— *Zoologiska Bidrag från Uppsala*, Z 218.

Suisse.

Bâle. — Académie suisse des sciences médicales : *Bulletin*.
— Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta*, H 52.
— Société helvétique des sciences naturelles. Commission géologique et Commission géotechnique : *Catalogue des publications*.
— Université. Bibliothèque : *Catalogue des écrits académiques suisses*, C 97.
— *Journal suisse de médecine*.
— *Médizin Psychologie-Naturwissenchaften*.
Berne. — Bibliothèque nationale suisse : *Catalogue*.
Genève. — Observatoire : *Publications*, O 29.
— Société de physique et d'histoire naturelle : *Comptes rendus des séances*, C 665.

— Sociétés de la Croix-Rouge : *Revue internationale de la Croix-Rouge* (*Bulletin international*), B 2200.

— *Archives des sciences physiques et naturelles*, B 313.

— *Chronique de l'organisation mondiale de la santé.*

— *Journal de chimie physique. Voir* Paris : Société de chimie physique.

— *Tous les livres. Catalogue général des livres de langue française publiés en Suisse.*

Lausanne. — Société helvétique des sciences naturelles : *Mémoires*, D 37.

— Société vaudoise des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1862 ; *Mémoires*, M 558[1].

— *Microtecnic. Revue universelle de la mesure du contrôle de l'optique et de la mécanique de précision.*

Zurich. — Eidgenössische Sternwarte : *Astronomische Mitteilungen*, M 1066 ; *Publikationen*, P 812.

— Id. International Astronomical Union : *Quarterly Bulletin on Solar Activity.*

— Schweizerische meteorologische zentral Anstalt : *Annalen*, S 165.

— Station centrale suisse de météorologie : *Année polaire internationale.*

Tchécoslovaquie.

Brno. — Université Masaryk. Faculté des sciences : *Publications* (*Spisy*), S 558.

Praha. — Académie tchèque des sciences et des arts : *Bulletin international*, B 2197.

— Czechoslovak astronomical Society : *Memoirs and observations.*

— Jednota ceskoslovenskijch matematikû a fysikû (Comité de l'Union tchécoslovaque des mathématiciens et des physiciens) : *Casopis pro Pestovani matematiky a fysiky*, C 89.

— Masarykovy Akademie : *Sbornik*, M 123[1].

— Observatoire national : *Publications*, P 833[1].

— Sternwarte : *Veröffentlichungen.*

Turquie.

Istamboul. — Université. Faculté des sciences : *Revue* (*Istambul üniversitesifen fakültes mecmuasi*), I 384[B].

Union des Républiques Soviétiques Socialistes.

Erevan. — Académie des sciences d'Arménie : *Proceedings* (*Dokladi*).

Karkov. — *Questions médicales.*

Kiev. — Académie des sciences de l'Ukraine : *Visti*, P 622[B].

— Id. Institute for botanique : *Journal botanique*, J 653.

— Id. Institute for chemistry : *Memoirs* (*Zapiski*).

— Id. Institute for clinical physiology : *Medical Journal.*

— *Kalendar-dovidink.*

Léningrad. — Académie des sciences. Institut de botanique Komarov [*Publications*].

— Institut des mines : *Annales*, A 868[4A].

— Université d'État : *Mémoires scientifiques* (*séries des sciences biologiques, chimiques, géographiques, géologo-pédologiques, mathématiques, naturelles*).

MOSCOU. — Académie des sciences : *Publications* (*séries biographiques, monographiques, sciences populaires, sciences classiques*); *Vestink* (*Messager*); *Zoologitshesky Journal.*

— Id. Classe des sciences mathématiques et naturelles : *Comptes rendus* (*Doklady*), C 628

— Institut central d'embryologie : *Publications.*

— Institut de botanique Komarov : *voir* LÉNINGRAD.

— Institut industriel de l'Oural : *Travaux.*

— Institut zoologique : *Publications, Tableaux analytiques de la faune de l'U.R.S.S. Travaux de la faune de l'U. R. S. S.*

— Société des naturalistes : *Bulletin* (*séries biologique, géologique*), B 1629; *Matériaux pour l'étude de la faune et de la flore de l'U. R. S. S.* (*sections biophysique, botanique, géologique, zoologique*); *Nouveaux Mémoires*, M 538.

— Université d'État. Voir LÉNINGRAD.

— *Recueil mathématique*, R 255.

TASHKENT. — Universitatis Asiae mediae : *Acta* (*Nova series, Mathematica*), A 140[2A].

TLIBISSI. — Academy of sciences of the georgian S. S. R. : *Bulletin.*

— Id. Institut géophysique : *Bulletin séismique trimestriel*, B 2530[A].

Yougoslavie.

BEOGRAD. — Observatoire astronomique : Publications.

ZAGREB. — Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti (Académie croate [yougoslave] des sciences et des arts) : *Ljetopis*, L 128; *Rad*, R 6; *Znanstvena djela za opcunaobrazbu*, D 230.

— Id. Classe des sciences mathématiques et naturelles : *Bulletin international.* I 430[1].

— Poljoprivredna Nakloda : *Poljodjelska znanstvena smatra* (*Revisio scientifica agriculturae*).

— Societas scientiarum naturalium croatica : *Arkiv za Kemiju.*

— Société croate de chimie; *Bulletin* (*Kemijski vjestnik*).

— *Revisio scientifica agriculturae* (*Poljoprwredna znanstvena Smotra*).

ASIE.

Chine.

CHUNGKING (SZECHUAN). — Geological Society of China : *Bulletin*, B 2365[1].

PEIPING. — Chinese chemical Society : *Journal*, J 799[3A].

SHANGHAÏ. — Science Institute : *Journal* (*Studies from the Departement of Bacteriology; of Biology*), J 851[A].

ZI-KA-WEI. — Observatoire : *Bulletin sismique; Revue mensuelle.*

ZÔ-SÉ. — Observatoire astronomique : *Annales*, A 881.

Indes anglaises.

ANNAMALAINAGAR et MADRAS. — Service of Students and Teachers of mathematics : *The mathematics Student*, M 138 *bis*[A].

BEGUMPET. — Nizamiah Observatory : *Hyderabad astrographic Catalogue.*
BÉNARÈS. — Indian Museum : *Memoirs*, M 625; *Records*, R 196.
— Zoological Survey of India : *Report*, A 1823.
CEYLON. — Colombo Museum : *Spolia zeylanica*, S 560.
— *Ceylon Journal of science*, C 198[1].
DELHI. — National Institute of sciences of India : *Proceedings*, P 574[A]; *Report of the Council.*
KODAIKANAL. — Observatory : *Bulletin*, K 49; *Report*, A 1713.
MADRAS et POONA. — Indian mathematical Society : *Journal*, J 818.

Indochine.

LAÏ-KHÊ. — Institut des Recherches sur le caoutchouc en Indochine : *Cahiers I. R. C. I.*

Japon.

MIZUSAWA. — *Results of the international latitude service*, R 604[A].

Liban.

BEYROUTH. — École française d'ingénieurs : *Publications techniques et scientifiques.*
— Service météorologique : *Bulletin mensuel*, B 2034[1]; *Climatologie aéronautique.*
— *Revue médicale du Moyen-Orient.*
KSARA. — Observatoire : *Annales*, A 885[1].

Palestine.

TEL-AVIV. — Independent biological Laboratories : *Bulletin*, *Publications.*

AFRIQUE.

Afrique Équatoriale française.

— Gouvernement général de l'Afrique Équatoriale française : **Bulletin du Service des Mines**; *Carte géologique de reconnaissance.*

Afrique Occidentale française.

DAKAR. — Gouvernement général de l'A. O. F. : *Carte géologique de reconnaissance.*
— Institut français d'Afrique Noire : *Mémoires.*

Algérie.

ALGER. — Institut Pasteur d'Algérie : *Archives*, A 2116[3].
— Service d'information du gouvernement général de l'Agérie. Station maritime de l'Université : *Documents algériens. Recherche scientifique.*
SÉTIF. — Observatoire Jarry-Desloges : *Observations des surfaces planétaires.*

British South African.

BLOEMFONTEIN. — Lamont-Hussey Observatory of the University of Michigan : *Publications*.

CAPE OF GOOD HOPE. — *Report of H. M. Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Amiralty*, R 424.

Congo belge.

LÉOPOLDVILLE. — Service géologique : *Bulletin*.

Égypte.

CAIRO. — Egyptian Academy of sciences : **Proceedings**.

— Egyptian University. Faculty of sciences : *Annual Report; Bulletin*, E 139[A]; *Prospectus for the academy year*, E 139[B].

— Institut d'Égypte : *Bulletin*, B 1016; *Mémoires*, M 590.

Madagascar.

TANANARIVE. — Académie Malgache : *Bulletin; Mémoires*, M 450[1].

Maroc.

CASABLANCA. — *La terre marocaine*, T 92[1].

Réunion (Ile de la).

SAINT-DENIS. — *Revue agricole de l'Ile de la Réunion*, R 950 *bis*.

Tanganyika Territory.

DODOMA. — Department of Lands and Mines. Geological Division : *Bulletin*.

Tunisie.

SALAMMBÔ. — Station océanographique : *Annales; Brochure; Bulletin*, S 594[3]; *Notes*, S 594[3].

TUNIS. — Direction des affaires économiques. Service botanique et agronomique : *Annales; Bulletin*.

— Direction des travaux publics : *Annales des mines et de la géologie*.

— Institut Pasteur : *Archives*, A 2117.

AMÉRIQUE

Argentine.

BUENOS-AIRES. — Academia nacional de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Anales*, A 675[1A].

— Academia nacional de medicina : *Anales del Instituto de investigaciones fisicas aplicadas a la patologia humana.*

— Ministerio de agricultura de la Nacion. Direccion general de Investigaciones : **Revista de investigaciones agricolas.**

— Ministerio de justicia e instruccion publica de la Nacion. Comision nacional de cooperation intelectual : *Boletin bibliografico argentino.*

— Museo argentino de ciencias naturales « Bernardino Rivadavia » : *Anales.*

— Sociedad argentina de ciencias naturales : *Physis*, P 324.

— Sociedad cientifica argentina : *Anales*, A 687.

— Universidad. Facultad de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Publicaciones*, U 105 *bis*[1B], B 525[1A].

— *Boletin matematico*, B 534[1].

LA PLATA. — Universidad nacional. Facultad de ciencias fisico matematicas : *Boletin, matematico; Publicaciones* (*Revista; Publicaciones especiales*), U 113.

— Id. Facultad de quimica y farmacia : *Revista de la facultad de ciencias quimicas.* R 753.

— Id. Observatorio astronomico. Serie astronomica : *Publicaciones*, P 800 *bis.*

PARANA. — Museo de Entre Rios : *Memorias*, M 700[A].

ROSARIO. — Universidad nacional del Litoral. Facultad de ciencias matematicas, fisico-quimicas y naturales aplicadas a la industria : *Publicaciones* (*Series Conferencias y textos; Serie tecnico-cientifica; Serie Universitaria*).

— Id. Instituto de estabilidad. *Publications.*

— Id. Instituto de matematica : *Boletin; Mathematicae notae; Publicationes.*

TUCUMAN. — Universidad nacional. Facultad de ciencias exactas, puras y aplicadas : *Revista.*

Brésil.

BAHIA. — Faculdade de medicina : *Anais.*

RIO-DE-JANEIRO. — Academia brasileira de ciencias : *Anais*, A 748[A].

— Instituto Vital Brazil : *Boletim*, B 406[5].

— Observatorio national : *Anuario*, A 1868; *Boletim magnetico*, B 410 *bis*[1]; *Boletim seismologico*, B 2489[4].

— Sociedade de geografia : *Revista*, B 396.

— *Biologia medica.*

SAO-PAULO. — Museo paulista : *Anais*, A 752[2].

— Secretaria da agricultura industria e comercio : *Arquivos de zoologia do estado de São-Paulo; Papeis avulsos do departamento de zoologia.*

Canada.

BEAUHARNOIS (QUÉBEC). — Saint-Lawrence Alloys and Metals limited : *Booklet; Control methods for the Iron Foundry; Saint-Lawrence Data Sheet.*

HALIFAX. — Nova Scotian Institute of Science : *Proceedings*, P 493.

LA TRAPPE. — Institut d'Oka : *Contributions.*

MONTRÉAL. — Jardin botanique : *Annales de l'A. C. F. A. S.* (*Association canadienne française pour l'avancement des sciences*), A 864[A].

— Université : *Annuaire général*, A 1328; *Revue canadienne de biologie.*

— *Revue trimestrielle canadienne*, R 1583.

OTTAWA. — Canadian Patent Office : *Record and Register of Copyrights and Trade Marks*, C 66.

TORONTO. — Royal Canadian Institute : *Proceedings*, C 63; *Transactions*, C 63.

VICTORIA. — Department of Mines and Resources. Dominion astrophysical Observatory : *Publications* P 856.

Chili.

CONCEPCIÓN. — Sociedad de Biologia : *Boletin*, B 465[B].

SANTIAGO. — Universidad. Facultad de biologia y ciencias medicas. Instituto de biologia : Trabajos (Biologica).

Colombie.

BOGOTA. — Academia colombiania de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Revista*, R 747[A],

— *Universidad nacional de Colombia.*

Cuba.

LA HABANA. — *Kuba, Revista de Medicina tropical y Parasitologia* (*Bacteriologia, Clinica y Laboratorio*), B 787 *bis*[1A].

— *Universidad de La Habana.*

Etats-Unis.

ALBANY. — University of the State of New-York. N. Y. State Museum : *Bulletin*, B 2397 *bis; Memoirs*, M 635.

ANN ARBOR. — University of Michigan. Museum of Paleontology : *Contributions.*

— Id. Museum of Zoology : *Miscellaneous Publications*, U 160[1]; *Occasional Papers*, O 121.

— Id. Observatory : *Publications*, D 149.

BALTIMORE. — Johns Hopkins University : *American Journal of Mathematics*, A 598; *Circular*, J 274.

BERKELEY. — University of California : *Anthropological Records; Bulletin of the department of geological Sciences*, U 149.

BLOOMINGTON. — Indiana University : *Publications of the Kirkwood Observatory.*

BOSTON. — American Academy of arts and sciences : *Memoirs*, M 603; *Proceedings*, P 500.

BOULDER. — University of Colorado : *Bulletin*, C 106.

CAMBRIDGE. — Harvard College Observatory : *Annals*, A 1192; *Annual Report of the Director*, A 1714; *Harvard Reprint*.

CHARTOTTESVILLE. — University of Virginia : *Publications of the Leander Mc Cormick Observatory*, P 864.

CHICAGO. — Field Museum of Natural History puis Natural History Museum : *Annual Report*, A 1714[1]; *Fieldiana* (*Anthropology*, *Botany*, *Geology*, *Zoology*), *Fifty years of progress* (*News*); *Leaflet* (*Anthropology*, *Botany*), F 57[1]; *Publications* (*Anthropological Series*, *Botanical Series*, *Geological Series*, *Zoological Series*), F 57.

CLEVELAND. — *Steel, the magazine of metalworking and metalproducing*, I 375[A].

COLUMBIA. — University of Missouri : *Studies*, U 175[1].

EASTON. — American chemical Society : *Journal* J 780.

GENEVA. — N. Y. State agricultural experimental Station. Cornell University : *Annual Report*. N 142; *Bulletin*, N 158[A]; *Technical Bulletin*, N 143.

LINCOLN. — University of Nebraska : *Studies*, U 201.

MORGANTOWN. — West Virginia University. Southern Appalachian Botanical Club : *Castanea* (*Journal*).

MOUNT HAMILTON. — University of California. Lick Observatory : *Bulletin*, L 81.

MOUNT WILSON. — Carnegie Institution of Washington. Mount Wilson Observatory : *Annual Report of the Director*, R 461; *Communications to the national Academy of sciences*, C 617; *Contributions*, C 76.

NEW-HAVEN. — American astronomical Society : *The astronomical Journal*.

— Connecticut Academy of arts and Sciences : *Transactions*, T 300.

NEW-YORK. — Academy of Sciences, *Annals*, A 1200; *Transactions*, T. 371.

— American mathematical Society : *Transactions*, T 252.

— American physical Society : *Physical Review*, P 307.

— American Society Legion of honor : *Magazine*.

— Columbia University : *Bulletin of informations*.

— École libre des Hautes Études : *Renaissance*.

— International Institute for sex-economy and orgone-research : *International Journal of sex-economy and orgone research*.

— New School for social Research : *Écoles libres des Hautes Études*.

— Viking Fund : *Publications in anthropology*.

— *Alcmeone. Journal of history of medicine*.

— *Chronique de l'organisation mondiale de la santé*.

PHILADELPHIA. — Academy of Natural Sciences : *Monographs*, A 104[A]; *Notulae naturae*; *Proceedings*, P 498.

— American philosophical Society : *List of papers and books...*, *Memoirs*, M 606[A]; *Proceedings*, P 506; *Transactions*, T 258; *Year Book*.

— Chilton Co : *The iron age*, H 28.

PORTLAND — Society of natural history : *Proceedings*, P 593.

PRINCETON — University : *Bicentennial Conferences*.

— Id. Observatory : *Contributions*, C 997.

SAINT-LOUIS — Academy of Sciences : *Transactions*, T 232.

WASHINGTON. — Carnegie Institution. Department of Terrestrial magnetism : *Annual Report of the Director*, D 131; *List of Publications* [*Publications*].

— Id. Mount Wilson Observatory : *Voir* MOUNT WILSON.

— Department of Agriculture : *Journal of agricultural Research*, J 718; *Technical Bulletin*, U 80[1].
— Department of Commerce. Bureau of Standards : *Handbook*, U 82[B]; *Journal of Research*, B 2551[1]; *Miscellaneous Publications*, D 119.
— Department of State : *Publications* [*International control of atomic Energy*].
— Department of the Interior. Geological Survey : *Bulletin*, B 2046; *Professional Papers*, U 86; *Publications; Water Supply Papers*, W 7.
— Library of Congress : *Annual Report of the Librarian*, L 79.
— National Academy of Sciences : *Proceedings*, P 574.
— U. S. Naval Observatory. Nautical Almanac Office : *The american ephemeris and nautical almanac* A 584; *U. S. Navy time service*.
— Smithsonian Institution : *Annual Report of the Board of Regents*, A 1674; *Smithsonian miscellaneous Collections*, S 381; *War Beckground Studies*.
— Id. Astrophysical Observatory : *Annals*, A 1193.
— Id. National Museum : *Bulletin*, B 2407; *Proceedings*, P 612; *Reports*, R 553.

YONKERS. — *Powder metallurgy Bulletin*.

Mexique.

MEXICO. — Sociedad mexicana « Amigos de las orquideas » : **Orquidea**.
— Universidad nacional autonoma. Instituto de geologia : *Anales; Boletim*.

Pérou.

LIMA. — Academia nacional de Ciencias exactas, fisicas y naturales : *Actas*.
— Sociedad de Ingenieros del Peru : *Informaciones y memorias*, I 169.
— Sociedad national de mineria del Peru : *Boletin*.
— Universidad Major de San Marcos. Faculdad de ciencias biologicas, fisicas y matematicas : *Revista de ciencias*, R 721 *bis*.

Uruguay.

MONTEVIDEO. — Facultad de Ingenieria. Instituto de matematica y estadistica : **Publicaciones**.

Vénézuela.

CARACAS. — Colegio de ingenieros de Venezuela : *Revista*, R 803[1].

OCÉANIE.

Australie.

ADELAÏDE. — Hospital : *The Medical and Scientific Archives*, M 289[1].
— The Institute of medical and veterinary science : *Annual Report of the Council; Collected Papers*.

— University : *The australian Journal of experimental Biology and medical science*, A 2589[1].

BRISBANE. — University of Queensland : *Papers* (*Departments of Geology, Biology, Chemistry*).

SYDNEY. — Observatory : *Astrographic Catalogue; Astronomical Results; Double Star Results; Papers.*

— Royal Society of New South Wales : *Journal and Proceedings*, T 390.

Indes Néerlandaises.

BANDOENG. — Dienst van den Mijnbouw in Nederlandsch-Indië (Service géologique) : *Bulletin of the Netherlands Indies vulcanological Survey*, B 2392[1]; *Vulkanologische en seismologische mededeelingen*, V 262[2]; *Wetenschappelijke mededeelingen*, W 43[1]; *Yaarboek van het Mijnwezen in Nederlanch-Indie*, J 7.

BATAVIA — Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium : *Observations made at secondary Stations; Seismological Bulletin.*

Id. Department van Verkeer en Waterstaat. Meteorologische en Geophysische Dienst : *Verhandelingen.*

BUITENZORG. — Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië : *Chronica naturae Natuurkundig*, puis *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift voor Nederlandsch-Indie*, N 70.

— S' Lands Plantentuin (Institut scientifique de Buitenzorg) : *Treubia.*